

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air baku

Berikut adalah parafrase dan perluasan dari paragraf tersebut, disertai dengan sumber jurnal yang relevan:

Air merupakan komponen esensial yang menjadi pondasi bagi kelangsungan seluruh bentuk kehidupan di planet bumi. Tanpa keberadaan air, eksistensi makhluk hidup di bumi akan terhenti sepenuhnya. Dalam konteks pemenuhan kebutuhan manusia akan air minum yang layak konsumsi, air baku memegang peranan krusial sebagai bahan dasar utama dalam proses pengolahan. Air baku ini diperoleh dari berbagai sumber yang telah melalui serangkaian pengujian dan dinyatakan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh otoritas terkait. Proses penentuan sumber air baku untuk keperluan pengolahan bukanlah keputusan yang diambil secara sembarangan, melainkan didasarkan pada hasil studi komprehensif yang dilakukan secara berkala. Penelitian ini umumnya dilaksanakan dalam interval waktu antara 5 hingga 10 tahun, guna memastikan konsistensi kualitas dan kuantitas sumber air baku, serta mengantisipasi perubahan kondisi lingkungan yang mungkin terjadi (Sutrisno & Suciastuti, 2006).

Lebih lanjut, pemilihan sumber air baku yang tepat tidak hanya mempertimbangkan aspek kualitas, tetapi juga faktor keberlanjutan, aksesibilitas, dan potensi dampak lingkungan. Hal ini sejalan dengan prinsip pengelolaan sumber daya air terpadu yang menekankan pentingnya keseimbangan antara pemanfaatan dan konservasi. Dalam implementasinya, pemantauan berkelanjutan terhadap sumber air baku juga dilakukan untuk mendeteksi adanya fluktuasi atau penurunan kualitas air yang dapat mempengaruhi proses pengolahan dan kualitas air minum yang dihasilkan (Kawamura, 1991).

2.2 Karakteristik Air Baku

Di Indonesia, standar kualitas air minum diatur secara ketat melalui Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Regulasi ini menetapkan bahwa air yang didistribusikan kepada masyarakat harus memenuhi kriteria mutu yang tinggi. Secara visual, air tersebut harus tampak bersih dan jernih, tanpa adanya bau yang tidak wajar, warna yang mencolok, atau kekeruhan yang signifikan. Standar ini tidak hanya menjamin aspek estetika air minum, tetapi juga berkaitan erat dengan keamanan dan kelayakan konsumsinya. Untuk memudahkan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air, pemerintah Indonesia telah mengklasifikasikan kualitas air menjadi empat kelas utama berdasarkan peruntukannya :

- a. Kelas satu : Air dalam kategori ini memiliki kualitas tertinggi dan dapat digunakan sebagai sumber air baku untuk air minum. Standar kualitasnya sangat ketat mengingat dampak langsungnya terhadap kesehatan manusia. Selain untuk air minum, air kelas satu juga dapat digunakan untuk keperluan lain yang membutuhkan kualitas air setara.
- b. Kelas dua : Air dalam kategori ini memiliki kualitas yang cukup baik untuk digunakan dalam berbagai kegiatan rekreasi air, seperti kolam renang atau area wisata air. Selain itu, air kelas dua juga cocok untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, dan irigasi pertanian. Meskipun tidak sesuai untuk konsumsi langsung sebagai air minum, kualitasnya masih cukup tinggi untuk berbagai kegunaan penting.
- c. Kelas tiga : Air dalam kategori ini memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan kelas dua, namun masih dapat digunakan untuk beberapa keperluan seperti budidaya ikan air tawar, peternakan, dan irigasi pertanian. Penggunaan air kelas tiga untuk kebutuhan yang bersentuhan langsung dengan manusia biasanya memerlukan pengolahan tambahan.
- d. Kelas empat : Air dalam kategori ini memiliki kualitas terendah dan penggunaannya terbatas pada irigasi pertanian atau keperluan lain yang tidak membutuhkan standar kualitas air yang tinggi. Air kelas empat tidak direkomendasikan untuk penggunaan yang melibatkan kontak langsung

dengan manusia atau hewan. Dalam perencanaan pengolahan air minum, air baku yang digunakan yaitu air permukaan Sungai Bengawan Solo yang mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut:

2.2.1 Parameter Fisik

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

a. Bau

Kualitas air minum tidak hanya dinilai dari aspek keamanan dan kandungan kimiawi, tetapi juga dari karakteristik sensorik seperti bau. Air minum yang memiliki bau yang tidak wajar bukan hanya mengurangi nilai estetika, tetapi juga cenderung ditolak oleh konsumen. Hal ini disebabkan oleh sensitivitas indera penciuman manusia yang dapat dengan mudah mendeteksi adanya penyimpangan dalam kualitas air minum.

Lebih dari sekadar masalah preferensi, keberadaan bau pada air minum seringkali menjadi indikator penting akan adanya masalah kualitas air yang lebih serius. Bau dapat menjadi petunjuk awal akan adanya kontaminasi atau proses biologis yang tidak diinginkan dalam sumber air atau sistem distribusinya. Sebagai contoh, bau amis yang terkadang terdeteksi dalam air minum sering kali disebabkan oleh pertumbuhan berlebihan dari organisme alga dalam sumber air (Effendi, 2003).

Alga, meskipun merupakan bagian alami dari ekosistem perairan, dapat menjadi masalah ketika pertumbuhannya tidak terkendali. Dalam kondisi tertentu, seperti adanya kelebihan nutrisi (eutrofikasi) dalam badan air, alga dapat berkembang biak dengan cepat, menghasilkan metabolit sekunder yang dapat mempengaruhi bau dan rasa air. Beberapa jenis alga, terutama dari kelompok cyanobacteria, dikenal dapat menghasilkan senyawa geosmin dan 2-methylisoborneol (MIB) yang memberikan bau tanah atau apek pada air, bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah (Jüttner & Watson, 2007).

b. Rasa

Berikut adalah parafrase dan perluasan dari paragraf tersebut:

Air minum yang berkualitas baik umumnya memiliki karakteristik tidak berasa atau tawar ketika dikonsumsi. Kehadiran rasa yang tidak biasa dalam air minum seringkali menjadi indikator awal adanya substansi asing yang berpotensi membahayakan kesehatan konsumen. Variasi rasa yang mungkin terdeteksi dalam air minum mencakup spektrum yang luas, mulai dari rasa logam atau amis, hingga rasa pahit atau asin. Setiap rasa yang muncul tidak hanya mengurangi kualitas sensorik air minum, tetapi juga dapat menjadi pertanda adanya kontaminasi yang perlu diwaspadai (Effendi, 2003).

Lebih lanjut, penyebab munculnya rasa dalam air minum dapat beragam dan kompleks. Rasa logam, misalnya, sering dikaitkan dengan keberadaan ion-ion logam terlarut seperti besi (Fe), mangan (Mn), atau tembaga (Cu) yang mungkin berasal dari korosi pipa distribusi atau sumber air baku yang tercemar. Rasa pahit bisa disebabkan oleh tingginya kadar magnesium sulfat atau kalsium, sementara rasa asin umumnya mengindikasikan tingginya konsentrasi klorida atau intrusi air laut pada sumber air tawar (World Health Organization, 2017).

c. Suhu

Temperatur air merupakan faktor krusial dalam menentukan kualitas dan keamanan air minum. Idealnya, air yang dikonsumsi sebaiknya berada pada suhu yang sejuk atau tidak panas. Preferensi ini bukan hanya berkaitan dengan kenyamanan konsumsi, tetapi juga memiliki implikasi signifikan terhadap aspek kesehatan dan keamanan. Air pada suhu yang lebih rendah memiliki kemampuan pelarutan yang lebih terbatas. Hal ini sangat penting dalam konteks distribusi air melalui sistem perpipaan. Pada suhu yang lebih tinggi, air cenderung lebih agresif dalam melarutkan berbagai zat kimia yang mungkin terdapat pada material pipa atau saluran distribusi. Zat-zat ini bisa mencakup logam berat seperti timbal atau tembaga, yang jika terlarut dalam jumlah signifikan, dapat membahayakan kesehatan konsumen. Dengan menjaga suhu air tetap sejuk, risiko kontaminasi kimia dari infrastruktur distribusi dapat ditekan (Sawyer et al., 2003).

Suhu merupakan faktor kritis dalam pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme. Mayoritas patogen yang berpotensi mengkontaminasi air minum berkembang optimal pada suhu yang lebih hangat. Dengan menjaga suhu air tetap sejuk, kita secara efektif menciptakan lingkungan yang kurang kondusif bagi proliferasi mikroorganisme berbahaya ini. Hal ini menjadi lapisan perlindungan tambahan terhadap kontaminasi mikrobiologis, melengkapi metode desinfeksi yang sudah diterapkan dalam proses pengolahan air (Madigan et al., 2018).

d. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan parameter kunci dalam penilaian kualitas air yang menggunakan prinsip hamburan cahaya sebagai dasar pengukurannya. Tingkat kekeruhan air diukur dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Unit), yang mencerminkan intensitas cahaya yang terhambur oleh partikel-partikel yang tersuspensi dalam air. Fenomena kekeruhan ini terjadi akibat keberadaan berbagai materi yang tercampur dalam air, baik yang berasal dari sumber alami maupun antropogenik. Penyebab utama kekeruhan adalah adanya Total Suspended Solids (TSS) atau padatan tersuspensi total dalam air. TSS ini dapat berupa material organik seperti serpihan tumbuhan, alga, atau mikroorganisme, maupun material anorganik seperti partikel tanah, pasir halus, atau mineral lainnya. Kehadiran TSS tidak hanya mempengaruhi penampilan visual air, tetapi juga dapat berdampak signifikan pada kualitas dan keamanan air secara keseluruhan (Davis & Masten, 2014).

Standar kualitas air minum yang ditetapkan oleh berbagai lembaga kesehatan internasional, termasuk World Health Organization (WHO), umumnya mensyaratkan bahwa tingkat kekeruhan air minum tidak boleh melebihi 5 NTU. Di Indonesia, standar ini diadopsi dan tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Pembatasan tingkat kekeruhan ini tidak hanya didasarkan pada pertimbangan estetika, tetapi juga memiliki implikasi penting terhadap aspek kesehatan dan efektivitas proses pengolahan air.

Partikel-partikel koloid yang menyebabkan kekeruhan dapat bertindak

sebagai "perisai" bagi mikroorganisme patogen, melindungi mereka dari aksi desinfektan seperti klorin atau sinar UV. Fenomena ini dikenal sebagai "particle-associated bacteria", di mana bakteri menempel pada atau terlindung oleh partikel tersuspensi, sehingga mengurangi kontak langsung antara mikroorganisme dan agen desinfektan. Akibatnya, dosis desinfektan yang diperlukan untuk mencapai tingkat sterilisasi yang diinginkan menjadi lebih tinggi, yang pada gilirannya dapat meningkatkan risiko pembentukan produk sampingan desinfeksi yang berpotensi berbahaya (Tri Joko, 2010).

e. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan parameter penting dalam analisis kualitas air yang mengacu pada jumlah partikel padat yang tersuspensi dalam medium air. Partikel-partikel ini memiliki ukuran yang sangat bervariasi, mulai dari yang sangat halus hingga yang cukup besar, namun tetap cukup ringan untuk tetap melayang dalam air tanpa mengendap. Komposisi TSS sangat beragam dan mencerminkan karakteristik lingkungan di sekitar badan air. Keberadaan TSS dalam air memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas air, baik secara estetika maupun ekologis. Secara visual, TSS menyebabkan kekeruhan air dan dapat mengubah warna air menjadi lebih gelap atau keruh. Hal ini tidak hanya mengurangi nilai estetika badan air, tetapi juga dapat mengganggu proses fotosintesis organisme akuatik dengan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air (Said, 2017).

TSS merupakan indikator penting dalam menilai tingkat erosi dan sedimentasi di suatu daerah aliran sungai (DAS). Peningkatan konsentrasi TSS sering kali berkorelasi dengan intensitas aktivitas manusia di sekitar badan air, seperti pembukaan lahan, pertanian intensif, atau pembangunan infrastruktur. Dalam konteks ekosistem akuatik, TSS yang tinggi dapat menyebabkan berbagai dampak negatif (Effendi, 2023). Sumber TSS dapat dikategorikan menjadi dua kelompok utama yaitu sumber anorganik dan organik. Sumber anorganik meliputi berbagai jenis mineral yang terkikis dari tanah dan batuan, seperti silt (lanau), pasir yang sangat halus, dan partikel lempung. Sumber organik mencakup material yang berasal dari penguraian

makhluk hidup, termasuk sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang terdekomposisi.

2.2.2 Parameter kimiawi

Karakter kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisis oleh karena itu dibutuhkan sebuah penelitian terlebih dulu untuk mengetahui zat-zat yang terkandung didalamnya. Parameter kimiawi yang terdapat didalam air adalah sebagai berikut:

a. pH (Derajat Keasaman)

pH, singkatan dari "Power of Hydrogen", merupakan parameter kunci dalam menilai kualitas air dan karakteristik perairan. Konsep ini mengacu pada konsentrasi ion hidrogen dalam air, yang berfungsi sebagai indikator derajat keasaman atau kebasaan suatu badan air (Effendi, 2003). Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, dengan nilai 7 menandakan kondisi netral. Nilai di bawah 7 mengindikasikan keasaman, sementara nilai di atas 7 menunjukkan kebasaan.

Dalam konteks ekosistem akuatik dan pengolahan air, rentang pH antara 6 hingga 9 dianggap paling kondusif untuk mendukung keberlangsungan kehidupan biologis. Pada rentang ini, mayoritas organisme akuatik dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal. Di luar rentang tersebut, khususnya pada kondisi pH yang ekstrem (sangat asam atau sangat basa), banyak organisme mengalami stres fisiologis yang dapat mengancam kelangsungan hidup mereka (Wetzel, 2001).

Dari perspektif pengolahan air, pH memainkan peran crucial. Air dengan pH ekstrem, baik terlalu asam maupun terlalu basa, menimbulkan tantangan signifikan dalam proses pengolahan biologis. Mikroorganisme yang berperan dalam degradasi bahan organik dan proses purifikasi air umumnya memiliki rentang pH optimal yang terbatas. Oleh karena itu, air dengan pH di luar rentang yang dapat ditoleransi oleh mikroorganisme tersebut akan sulit diolah secara biologis, yang pada gilirannya dapat mengurangi efisiensi dan efektivitas proses pengolahan air (Metcalf & Eddy, 2003).

b. Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) atau oksigen terlarut merupakan indikator krusial dalam menilai kualitas air di suatu ekosistem perairan. DO mengacu pada jumlah molekul oksigen yang terdispersi dalam air, yang berasal dari dua sumber utama: proses fotosintesis oleh organisme autotrof akuatik dan difusi dari atmosfer ke permukaan air. Keberadaan oksigen terlarut ini memainkan peran vital dalam mendukung kehidupan akuatik, terutama dalam proses metabolisme dan penyerapan nutrisi oleh organisme air (Effendi, 2003).

Dalam konteks pengelolaan kualitas air, DO merupakan salah satu parameter kimia yang paling sering digunakan untuk mengevaluasi kesehatan suatu badan air. Prinsipnya sederhana namun fundamental: semakin tinggi konsentrasi oksigen terlarut dalam air, semakin baik kualitas air tersebut untuk mendukung kehidupan akuatik. Hal ini disebabkan karena sebagian besar organisme air, terutama ikan dan invertebrata, sangat bergantung pada ketersediaan oksigen untuk proses respirasi mereka (Boyd, 2020).

Namun, penting untuk dicatat bahwa konsentrasi DO dalam air dapat berfluktuasi secara signifikan tergantung pada berbagai faktor lingkungan. Suhu air, misalnya, memiliki hubungan terbalik dengan kemampuan air untuk menahan oksigen terlarut - air yang lebih hangat cenderung memiliki kapasitas lebih rendah untuk menyimpan oksigen. Selain itu, aktivitas biologis seperti respirasi organisme akuatik dan dekomposisi bahan organik juga dapat menurunkan tingkat DO, terutama pada malam hari ketika fotosintesis tidak terjadi (Wetzel, 2001).

2.2.3 Parameter Biologi

Analisis Bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Kedalam parameter mikrobiologis ini hanya dicantumkan koliform tinja dan total koliform.

a. Total Coliform

Air yang terdapat di alam, baik itu air permukaan maupun air tanah, umumnya tidak steril dan mengandung berbagai jenis mikroorganisme, termasuk bakteri. Keberagaman dan jumlah bakteri yang terkandung dalam air alami sangat bervariasi, tergantung pada berbagai faktor lingkungan seperti suhu, pH, kandungan

nutrisi, dan kondisi geografis setempat. Meskipun keberadaan bakteri dalam air adalah hal yang alami, namun untuk keperluan konsumsi manusia, air harus bebas dari bakteri patogen yang dapat menyebabkan penyakit (Cut Khairunnisa, 2012).

Dalam konteks pemantauan kualitas air, bakteri koliform sering digunakan sebagai indikator biologis. Menariknya, meskipun bakteri koliform itu sendiri umumnya tidak termasuk dalam kategori patogen, keberadaannya dalam air dapat mengindikasikan adanya kontaminasi dari sumber-sumber yang berpotensi mengandung patogen. Dengan kata lain, deteksi bakteri koliform dalam sampel air berfungsi sebagai peringatan dini akan kemungkinan adanya mikroorganisme berbahaya lainnya (Adrianto, 2018).

Total coliform merupakan istilah yang mencakup sekelompok bakteri dengan karakteristik tertentu. Kelompok ini terdiri dari bakteri aerobik (yang membutuhkan oksigen untuk hidup) dan fakultatif anaerobik (yang dapat hidup dengan atau tanpa oksigen). Secara struktural, bakteri-bakteri ini tergolong dalam gram negatif, yang berarti mereka memiliki dinding sel dengan struktur tertentu yang membedakannya dari bakteri gram positif. Sebagian besar bakteri total coliform bersifat heterotrofik, artinya mereka memperoleh energi dan karbon dari senyawa organik. Kemampuan adaptasi mereka memungkinkan bakteri ini untuk berkembang biak tidak hanya di air, tetapi juga di tanah (Asyina dkk, 2019).

2.3 Standar Baku Mutu Air Baku

Standar Kualitas Air Baku di Indonesia dapat dilihat pada PP No. 22 tahun 2021 dan juga Peraturan menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Air baku ini berasal dari air sungai atau sumber air baku lainnya yang harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih, tidak berwarna dan berbau dan layak untuk didistribusikan kepada masyarakat luas. Kualitas air baku dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. 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.

- b. 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.
- c. 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.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi taman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 2.1 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	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alamnya)
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi	mg/L	2	3	6	12	

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
	(BOD)						
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 (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	-	
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	1,0	-	-	-	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
22.	Merkuri (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	-	-	-	

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
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 heksavalen (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	g/L	17	-	-	-	
38.	BHC	g/L	210	210	210	-	
39.	Chlordance	g/L	3	-	-	-	
40.	DDT	g/L	2	2	2	-	
41.	Endrin	g/L	1	4	4	-	
42.	Heptachlor	g/L	18	-	-		
43.	Lindane	g/L	56	-	-		
44.	Methoxy- chlor	g/L	35	-	-		
45.	Toxapan	g/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.	Radioaktivi-tas						
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

Sumber: *Lampiran VI PP Nomor 22 Tahun 2021*

Pada tugas perancangan bangunan pengolahan air ini digunakan standar kualitas air kelas 2, dikarenakan pada perancangan ini dilakukan hanya sampai pada tahap air menjadi bersih, dimana air tersebut bisa dimanfaatkan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan tawar, peternakan, dan air untuk mengairi taman.

2.4 Bangunan Pengolahan Air Baku

Bangunan pengolahan air baku mempunyai kelompok tingkat pengolahan, yaitu:

1. Pengolahan pendahuluan (*Pre-treatment*)
2. Pengolahan pertama (*Primary-treatment*)
3. Pengolahan kedua (*Secondary-treatment*)
4. Pengolahan lumpur (*Sludge-treatment*)

2.4.1 Pengolahan Pendahuluan (Pre – Treatment)

Proses pretreatment merupakan proses yang bertujuan untuk mempermudah proses pengolahan selanjutnya dengan menyaring sampah-sampah terapung yang ikut terbawa air. Misalnya seperti menghilangkan kerikil, lumpur, padatan dan memisahkan lemak. Selain itu, pretreatment juga berfungsi untuk menyalurkan air limbah dari pabrik menuju instalasi pengolahan air limbah. Unit pretreatment yang digunakan yaitu sebagai berikut:

a. Bangunan Penyadap (*Intake*)

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, atau sumber lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus

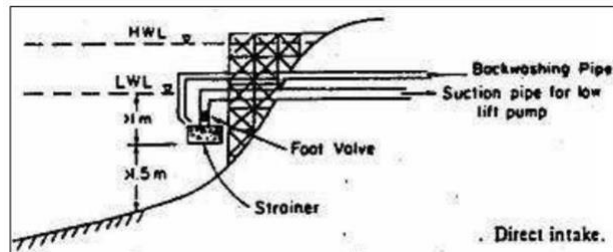
disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

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;
9. Bahan / material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

Menurut Kawamura (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.

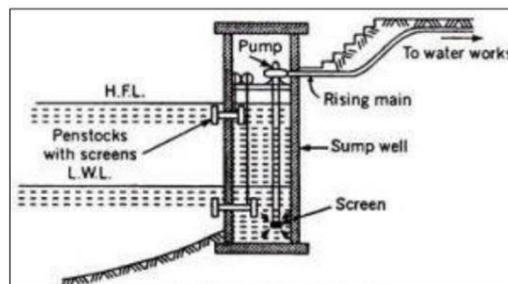


Gambar 2.1 Direct Intake

Sumber: ([Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minu \(123dok.com\)](http://123dok.com))

2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (*Indirect Intake*)
 - a. River Intake

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

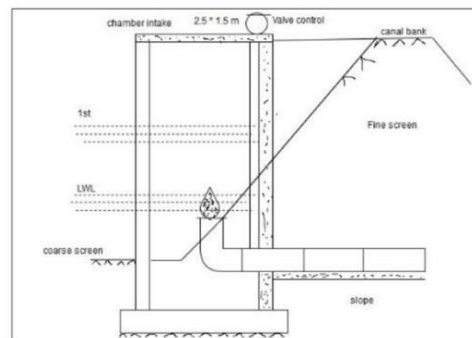


Gambar 2. 2 River Intake

Sumber: ([Intake Structure | Types Of Intake | Design And Construction Important Factors \(dreamcivil.com\)](http://dreamcivil.com))

- b. Canal Intake

Canal Intake digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding *chamber* sebagian terbuka ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya



Gambar 2.3 *Canal Intake*

Sumber: ([Explain various types of intake structures. \(ques10.com\)](https://ques10.com))

c. Reservoir Intake

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

Selanjutnya pada bagian screen, kami menggunakan bar screen. Screen sendiri bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa dan pompa. Pemilihan bar screen dirasa sangat tepat karena dapat menghilangkan benda-benda berukuran besar dan mempunyai ukuran celah 6–150 mm mengingat berbagai ukuran sampah yang umumnya terdapat di sungai (Wahyudi & Abd. Wahid, 2016).

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan intake dapat dilakukan dengan rumusan sebagai berikut:

1. Mencari debit tiap intake

$$Q = \frac{Q \text{ Kapasitas produksi}}{\Sigma \text{ pipa}}$$

Keterangan :

Q = Debit (m^3/s)

$\Sigma \text{ pipa}$ = jumlah pipa intake

2. Mencari luas penampang pipa intake

$$A = \frac{Q \text{ Pipa Intake}}{V}$$

Keterangan :

A = Luas penampang (m²)

Q = Debit (m³/s)

V = kecepatan (m/s)

3. Mencari diameter pipa inlet

$$D = \left[\frac{4 \times A}{\pi} \right]$$

Keterangan:

D = diameter pipa (m)

A luas penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan

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

Keterangan :

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang (m²)

5. Head losess mayor sepanjang pipa

$$D = \left[\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,62}} \right]^{1,85} \times L$$

Keterangan :

Hf = Headloss mayor (m)

Q = debit (m³/s)

L = Panjang pipa (m)

C = Koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (m)

Tabel 2. 2 Koefisien kekasaran pipa HDPE

PIPE DESCRIPTION	"C" VALUE
PolyPipe® HDPE	150
Very smooth and straight steel, glass	130-140
New cement-lined ductile iron	130
Smooth wood and wood stave	120
New riveted steel, cast iron	110
Old cast iron	95
Old pipes in bad condition	60-80
Small pipes, badly corroded	40-50

(Sumber : Tabel Koefisien kekerasan HDPE Institute, 2005)

6. Mencari head losses minor (Hm)

$$H_m = \frac{K \times V^2}{A}$$

Keterangan :

Hm = minor losses (m)

K = koefisien kehilangan energi

V = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

Tabel 2. 3 Nilai K untuk kehilangan energi

Valve, Fittings, and Specials	K Value
Entrance, suction bell (32 in) 81cm	0,004
90° elbow (24 in) 61 cm	0,3
Gate valve (24 in) 61 cm	0,19
Reducer (14 in) 35,5 cm	0,25

Check valve (20 in) 51 cm	2,5
90° elbow (20 in) 51 cm	0,3
Gate valve (20 in) 51 cm	0,19
Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm	1,8

7. Mencari slope pipa

$$S_{WHL} = \frac{H_f}{L}$$

Keterangan :

S = slope pipa (m/m)

L = Panjang pipa (m)

H_f = Headloss pipa (m)

8. Jumlah kisi pada screen (n)

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

Keterangan :

n = jumlah kisi

d = lebar batang kisi (m)

r = jarak antar kisi (m)

D = lebar screen (m)

9. Mencari Velocity head (h_v)

$$h_v = \frac{v^2}{2 \times g}$$

keterangan :

h_v = velocity head (m)

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

10. Headloss melalui screen (H_{fscreen})

$$H_f = \left[\beta \left(\left(\frac{w}{b} \right)^{\frac{4}{3}} \right) \times V h \times \sin a \right]$$

Keterangan :

β = Koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

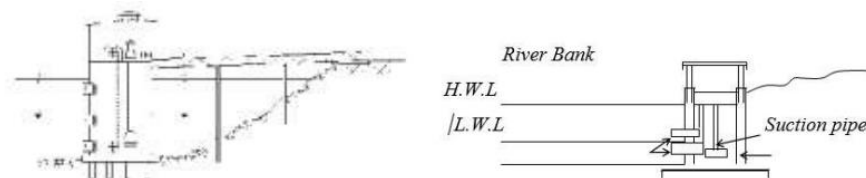
Tabel 2.4 faktor minor losses bar

Bentuk Bar	Nilai <i>minor losses</i> (β)
<i>Shape edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	1,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular up stream and down stream face</i>	1,67
<i>Tear shape</i>	0,76

Selanjutnya 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, 2003). 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 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, 2003). 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 (Deni Perdana, 2018).



Gambar 2.4 Share Intake dan River Intake

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung screem pada bangunan pengolahan air limbah (Renata Muliawati, 2018) sebagai berikut :

11. Jumlah batang kisi (m)

$$W_s = (n \times d) + (n + 1) r$$

Keterangan:

w_s = lebar saluran (m)

n = jumlah batang

r = jarak antar kisi (m)

d = lebar kisi/bar (m)

12. Lebar bukaan screen (wc)

$$w_c = w_s - (n \times d)$$

Keterangan:

w_c = lebar bukaan screen

n = jumlah batang

d = lebar kisi/bar (m)

13. Tinggi kisi

$$= h + \text{freeboard}$$

14. Panjang kisi (P)

$$P = \frac{Y}{\sin a}$$

Keterangan:

α = kemiringan kisi

y = tinggi kisi (m)

15. Jarak kemiringan kisi

$$x = P \cdot \cos \alpha$$

Keterangan:

α = kemiringan kisi

P = panjang kisi (m)

16. Kecepatan melalui kisi (V_i)

$$V_i = \frac{Q}{wc \times h}$$

Keterangan:

Q = debit inlet air limbah

wc = lebar bukaan screen

h = tinggi muka air

17. Headloss bar screen

Saat non-clogging

$$H_f = \frac{1}{2} \times \frac{V_i^2 - v^2}{2 \times g}$$

Saat clogging

$$H_f = \frac{1}{C_c} \times \frac{V_i^2 - v^2}{2 \times g}$$

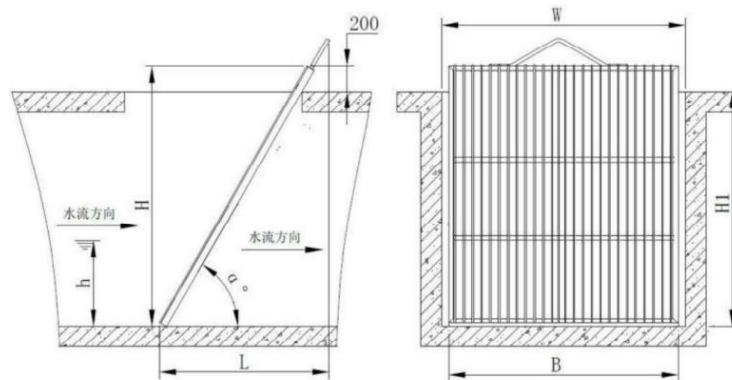
2.4.2 Bak Pengumpul

Pada umumnya screen dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu dan lainnya. Screen atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu saringan kasar (coarse screen) dan saringan halus (fine screen). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain bar rack atau bar screen, coarse woven-wire screen dan communitor. Saringan halus memiliki bukaan 2,3 6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis.

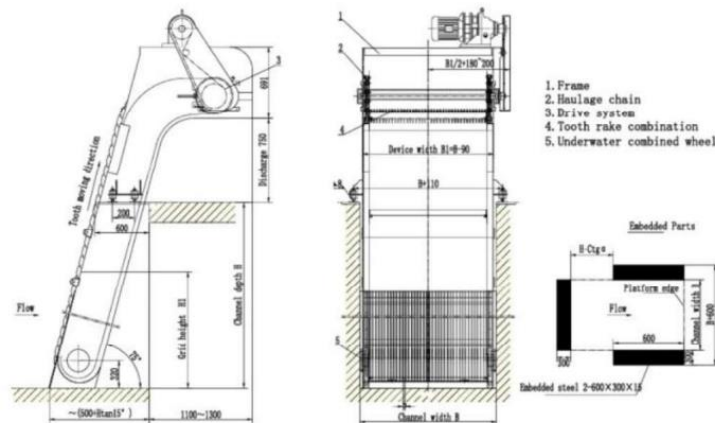
Beberapa tipe screen yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2017). Bar screen terdiri dari batang baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Penggolongan bar screen yaitu saringan kasar, saringan halus dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (bar). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang 1,5-13 mm, saringan sedang memiliki rentang jarak antar batang 13-25 mm, dan saringan kasar jarak antar batang 32-100 mm. Saringan halus terdiri atas fixed screen dan movable screen. Fixed atau static screen dipasang permanen dengan posisi vertikal, miring atau horizontal. Movable screen harus dibersihkan secara berkala. Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan bar screen antara lain adalah (Said, 2017).

- a) Kecepatan atau kapasitas rencana
- b) Jarak antar bar
- c) Ukuran bar (batang)
- d) Sudut inklinasi

e) Headloss yang diperbolehkan Dalam pengolahan air limbah, screen digunakan untuk melindungi pompa, valve, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda - benda tersebut. Bar screen terbagi lagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik.



Gambar 2.5 *Manual Bar Screen*



Gambar 2.6 Mechanical Bar Screen

Sumber : google.com

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. Rumus yang digunakan pada unit ini (Fathul Mubhin; Alex B; Fuad Halim, 2016) adalah sebagai berikut:

1. Volume bak penampung

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

V = Volume bak penampung (m³)

Q = Debit air (m³ /s)

t_d = Waktu detensi (s)

2. Ketinggian total bak penampung

$$H_{total} = H + (10-30\% \times H)$$

Keterangan:

H_{Total} = Kedalaman total bak penampung (m)

H = Kedalaman bak penampung (m)

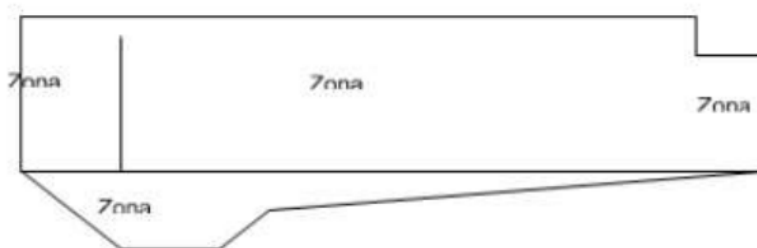
F_b = 10% - 30% H

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:

1. Zona Inlet Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar).
2. Zona Pengendapan Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel - partikel diskrit di dalam air buangan.
3. Zona Lumpur Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.
4. Zona Outlet Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).



Gambar 2.7 *Tampak samping unit prasedimentasi*

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

Tabel 2.5 *Desain Tipikal Prasedimentasi*

Item	U.S. customary units			SI units		
	Unit	Range	Typical	Unit	Range	Typical
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.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.d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² .d	125-500	250

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Hal 398)

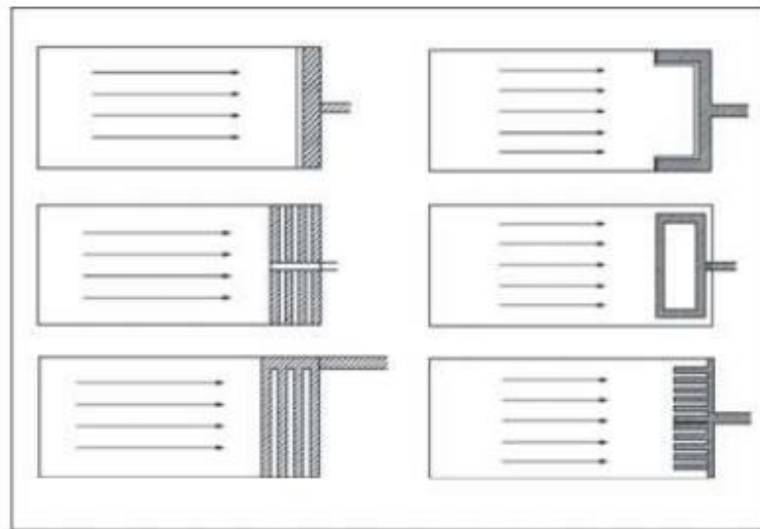
Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. Weir loading rate adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk weir loading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

Tabel 2.6 Beragam Weir Loading Rate dari Beragam Sumber

Weir Loading Rate (m ³ /hari.m)	Sumber	Keterangan
186	Katz & Foulkes, 1962	
249,6	Katz & Foulkes, 1962	Pada daerah yang terpengaruh <i>density current</i>
264	Kawamura, 2000	
125 – 250	Droste, 1997	
172,8 – 259,2	Huisman, 1977	

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

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

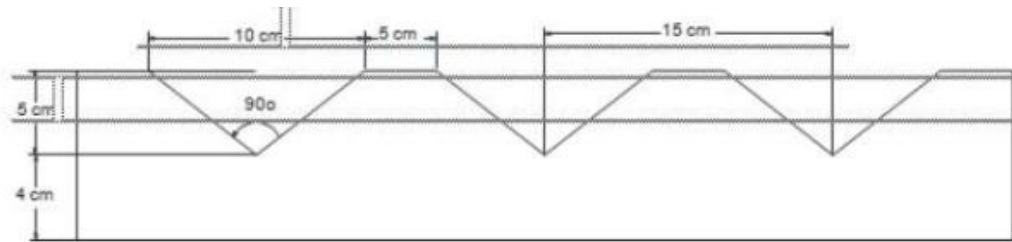


Gambar 2.8 Beragam Susunan Pelimpah Pada Outlet

(Sumber : Qasim et al., 2000)

A. Bak prasedimentasi Berbentuk Rectangular

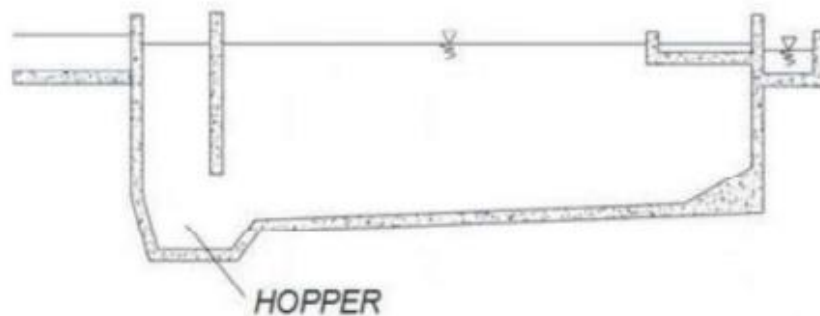
Pemilihan desain outlet sangat tergantung pada lebar bak, debit air yang dialirkan serta weir loading rate, sehingga pada saat menetapkan bentuk outlet, ketiga hal tersebut harus dipertimbangkan. Jenis pelimpah yang umumnya digunakan adalah bentuk rectangular dan v-notch, namun v-notch lebih banyak digunakan karena memiliki kemampuan self cleansing dan dapat meminimalisasi pengaruh angin. Contoh gambar v-notch dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.9 Contoh v-notch

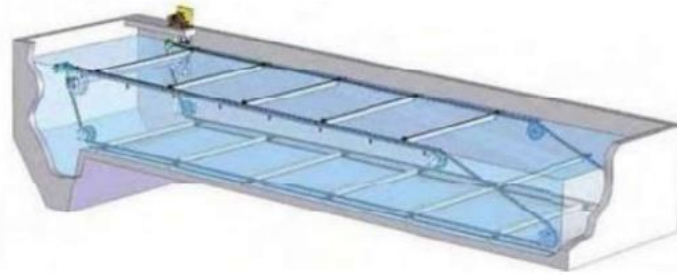
(Sumber : Fair dkk., 1981)

Selain menggunakan pelimpah, outlet unit prasedimentasi dapat menggunakan perforated baffle karena pada dasarnya outlet berfungsi untuk mengalirkan air yang telah terpisah dari suspended solid tanpa mengganggu partikel yang telah terendapkan di zona lumpur, sehingga perforated baffle dapat digunakan, hanya saja bukaan diletakkan 30-90 cm dari permukaan, dan tidak 29 diletakkan terlalu di bawah, sebab apabila bukaan diletakkan terlalu bawah, partikel yang telah terndapkan dapat ikut terbawa ke outlet.

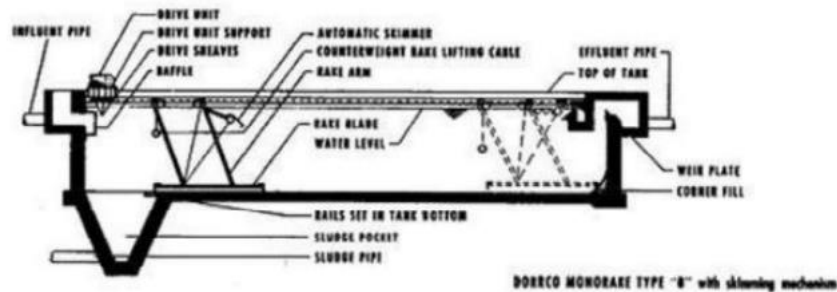


Gambar 2.10 Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk Rectangular

Selain diletakkan dekat dengan inlet, hopper juga dapat diletakkan secara dan juga dapat diletakkan di tengah bak seperti pembersihan lumpur juga dapat dilakukan dengan cara otomatis dengan beberapa macam scraper. Pada dasarnya, untuk bak rectangular terdapat dua jenis peralatan pembersih lumpur, yaitu tipe chain-and-flight dan travelling bridge dan memiliki scraper untuk mendorong lumpur masuk ke hopper, seperti pada Gambar 2.8 dibawah ini:

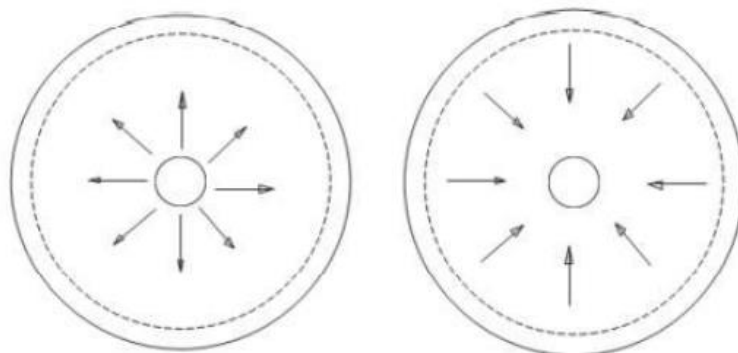


Gambar 2.11 (a) Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight, (b) Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight 3 Dimensi (Sumber: (a) Huisman, 1977 dan (b) Finnchain Oy)



Gambar 2.12 Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Travelling Bridge (Sumber: Huisman, 1977)

B. Bak Prasedimentasi Berbentuk Circular



Gambar 2.13 Bak Prasedimentasi Bentuk Circular (a) Tipe Center Feed (b) Tipe Peripheral Feed

Bak prasedimentasi bentuk circular terbagi menjadi empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, zona outlet, serta zona lumpur. Berikut ini adalah pembahasan untuk masing- masing zona tersebut.

1) Zona Pengendapan (Settling Zone)

Pemilihan inlet maupun outlet untuk bak circular sangat tergantung pada kondisi zona pengendapan, sehingga zona pengendapan yang menentukan penempatan zona inlet maupun zona outlet. Oleh karena itu, perlu ditentukan lebih dahulu kondisi zona pengendapan yang efisien.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan pada bak circular sama dengan pada bak rectangular, hanya saja nilai Bilangan Reynolds dan Froude berubah sepanjang perubahan diameter. Hasil simulasi menunjukkan bahwa N_{re} dan N_{fr} akan cukup tinggi di tengah bak, dan akan semakin mengecil saat mendekati pinggir bak, sehingga kedua bilangan tersebut tidak akan dapat dipenuhi secara bersamaan. Penentuan acuan akan berpengaruh pada letak inlet dan outlet.

Jika unit prasedimentasi berupa center feed, maka pada saat air masuk, keadaan aliran akan cukup turbulen, mendekati outlet bak, aliran akan menjadi semakin laminar, sebaliknya jika unit prasedimentasi berupa peripheral feed, maka pada saat air masuk, keadaan air akan laminar, semakin mendekati outlet akan semakin turbulen. Letak outlet akan sangat mempengaruhi pemilihan acuan, seperti diketahui bahwa di dekat pelimpah, akan terjadi pergerakan air ke atas yang dapat menghambat partikel untuk mengendap, sehingga keadaan air yang turbulen juga akan menghambat partikel untuk mengendap. Apabila kondisi turbulen terjadi pada saat air masuk, partikel-partikel besar yang dapat mengendap dengan cepat akan mengalami hambatan untuk mengendap, tapi seiring dengan perubahan kondisi aliran, partikel-partikel tersebut dapat mengendap.

Sebaliknya, jika kondisi turbulen terletak di dekat outlet, partikel-partikel yang sudah mengendap dapat tergerus kembali akibat kondisi aliran tersebut dan juga terdapat aliran air ke atas menuju pelimpah. Oleh karena itu, bak prasedimentasi tipe center feed merupakan tipe

yang paling baik untuk bak prasedimentasi bentuk circular

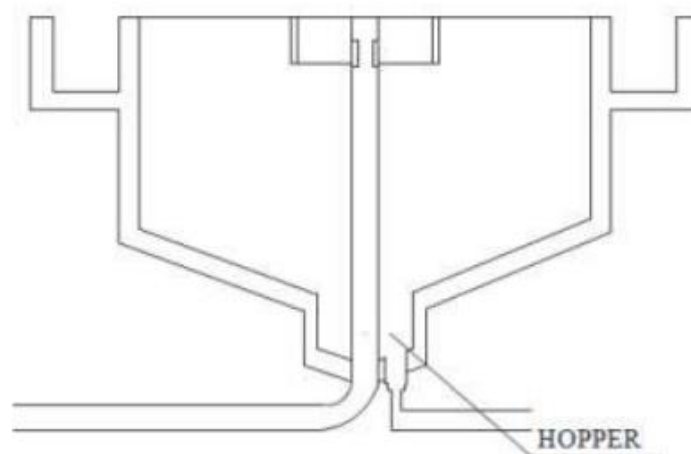
2) Zona Inlet

Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka inlet yang paling tepat adalah terletak di tengah atau tipe center feed. Inlet bak tersebut dapat beragam, misalnya air dibiarkan melimpah melalui inlet di tengah bak atau dinding inlet dirancang berlubang- lubang, sehingga air akan mengalir melewati lubang-lubang tersebut. Selain itu, pada inlet juga dapat dipasang baffle. Baffle tersebut berfungsi untuk mereduksi energi kinetik air yang keluar melalui inlet.

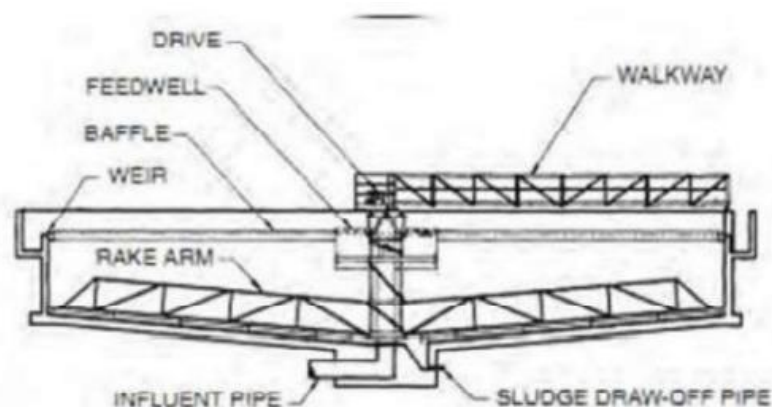
3) Zona Outlet

Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka outlet yang paling tepat bagi bak prasedimentasi bentuk circular terletak di sekeliling bak. Di sekeliling bak dipasang pelimpah, sehingga air yang telah melalui bak prasedimentasi akan melimpah melalui pelimpah tersebut. Pelimpah dapat berupa v-notch atau rectangular weir. prasedimentasi akan melimpah melalui pelimpah tersebut. Pelimpah dapat berupa v-notch atau rectangular weir.

4) Zona Lumpur (*Sludge Zone*)



Gambar 2.14 Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk Circular



Gambar 2. 15 Mekanisme Pembersihan Lumpur dengan Scraper pada Bak Circular

Scraper yang digunakan untuk bentuk circular adalah tipe radial atau tipe diametral. Scraper tersebut bergerak pada sekeliling bak untuk mendorong lumpur agar masuk ke hopper yang terletak di tengah bak. Berbeda dengan prasedimentasi bentuk rectangular, bentuk circular memiliki hopper yang terletak di tengah bak, sebab pengendapan partikel yang terjadi pada bak circular ini terjadi di segala arah, sehingga untuk mempermudah pembersihan lumpur, hopper diletakkan di tengah bak.

2.4.4 Aerasi

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

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

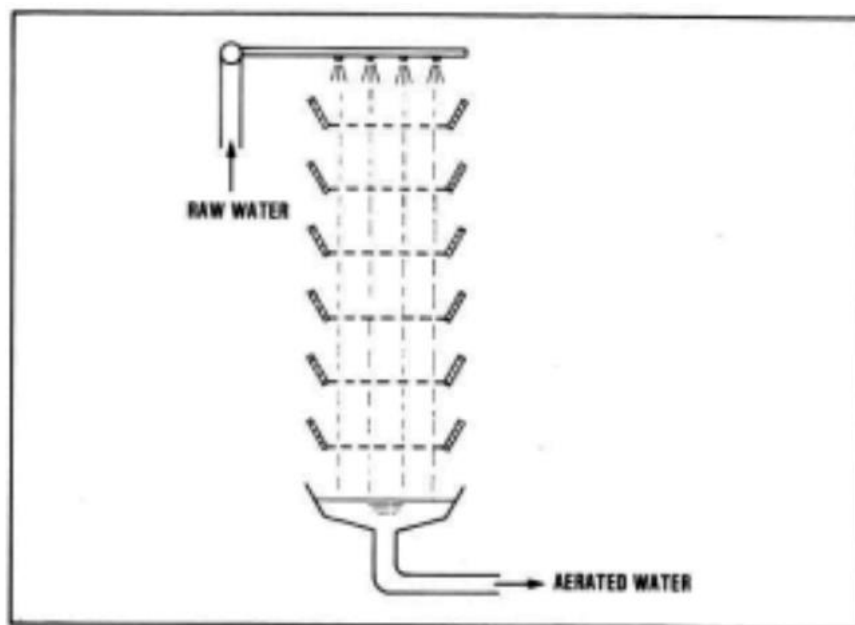
1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioxide (CO_2)
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H_2S),methan (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Aerasi secara luas telah digunakan untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan jumlah besi dan mangan terlalu tinggi zat tersebut memberikan rasa pahit pada air, menghitamkan pemasakan beras dan memberikan noda hitamkecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci.

Jenis - Jenis Metode Aerasi :

a. Waterfall Aerator

(Aerator Air Terjun) Pengolahan air aerasi dengan metoda Waterfall/Multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil.



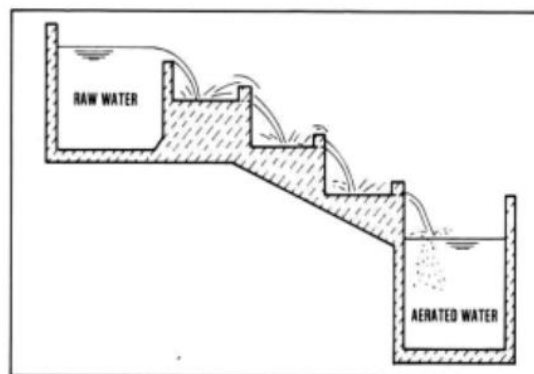
Gambar 2. 16 Multiple-Tray Aerator

(Sumber : Agus Herdiana, 2016)

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

b. Cascade Aerator

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



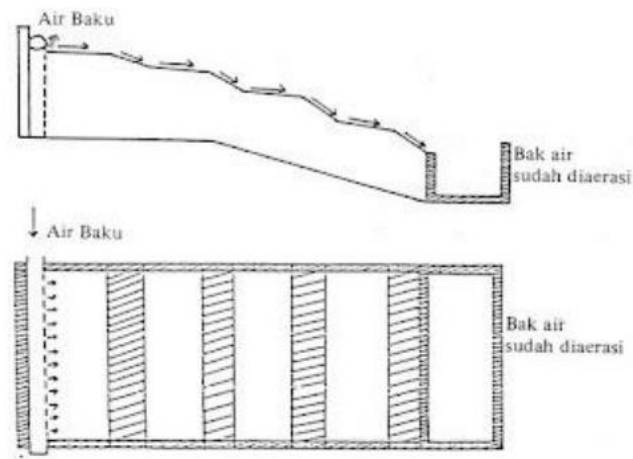
Gambar 2. 17 Cascade Aerator

(Sumber: Agus Herdiana, 2016)

c. Summerged Cascade Aerator

Aerasi tangga aerator 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 kedalam air . Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 05 m³ /det per meter luas

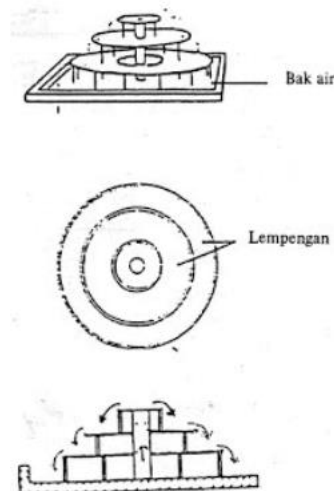


Gambar 2. 18 Aerasi Tangga Aerator

(Sumber: Agus Herdiana, 2016)

d. Multiple Plat Form Aerator

Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air.



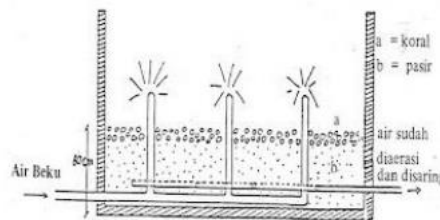
Gambar 2. 19 Multiple Plat Aerator

(Sumber: Agus Herdiana, 2016)

e. Spray Aerator

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (Stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan

ke udara disekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. Sprayaerator sederhana dierlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air kearah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15 - 20 mm. piringan melingkar ditempatkan beberapa centimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nosel untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar.

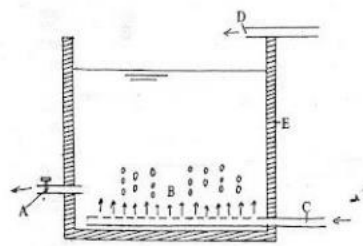


Gambar 2. 20 Spray Aerator

Sumber: Agus Herdiana, 2016

f. Aerator Gelembung Udara (Bubble Aerator)

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m³ udara/m³air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



Gambar 2. 21 Bubble Aerator

Sumber: Agus Herdiana, 2016

g. 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 diatas tray sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasarseperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 2-6 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapatmeningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalisa dari mangan oksida.

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

Secara garis besar, desain dan karakteristik operasional aerator dapat digolongkan menjadi beberapa macam (Qasim, 2000) sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Desain dan Karakteristik Operational Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi Cascade	20 - 45% CO ₂	Tinggi 1 - 3 m Luas 85 - 105 m ² /m ² .det Kecepatan aliran: 0,3 m/det
	> 95% VOC	Diameter kolom maksimum: 3m
Packing Tower	> 90% CO ₂	Beban Hidrolik: 2000 m ³ /m ² .hari
	> 90% CO ₂	Kecepatan 0,8 - 1,5 m ³ /m ² .menit
Tray		Kebutuhan Udara: 7,5 m ³ /m ³ air

		Jarak rak (Tray): 30 - 75 cm
		Luas: 50 - 160 m ² /m ³ .det
	70 - 90% CO ₂	Tinggi 1,2 - 9 m
Spray Aerator	25 - 40 H ₂ S	Diameter nozzle: 2,5 - 4 cm
		Jarak Nozzle: 0,6 - 3,6 m
		Debit nozzle: 5 - 10 l/det
		Luas Bak: 105 - 320 m ² /m ³ .det
		Tekanan semprotan: 70 kPa
	80% VOCs	Waktu Detensi: 10 - 30 menit
Aerator Terdifusi		Udara: 0,7 - 1,1 m ³ /m ² air tangka
		- Kedalaman: 2,7 - 4,5 - Lebar 3 - 9 m - Lebar/Kedalaman < 2 Volume maksimum: 150 m ³ Diameter lubang diffuser: 2 - 5 mm
	70 - 90% CO ₂	

	25 - 40 H ₂ S	Waktu detensi: 10 - 30 menit
Aerator Mekanik		Kedalaman tangki: 2 - 4

(Sumber: Qasim,2000)

2.4.5 Koagulasi - Flokulasi

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.

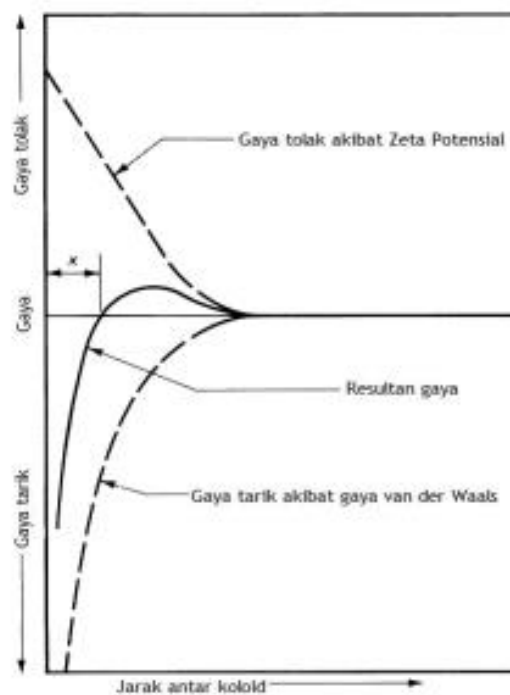
Umumnya, karena stabilitas suspensi koloid, partikel tersuspensi sulit untuk mengendap secara alami (Tabel 2.3). Alasan kestabilan koloid adalah (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012) :

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 (Gambar 2.8). Ini membuat partikel dan koloid stabil.

Tabel 2. 8 Kriteria Weir Loading Rate

Ukuran Partikel (mm)	Tipe Partikel	Waktu Pengendapan (h = 1 m)
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

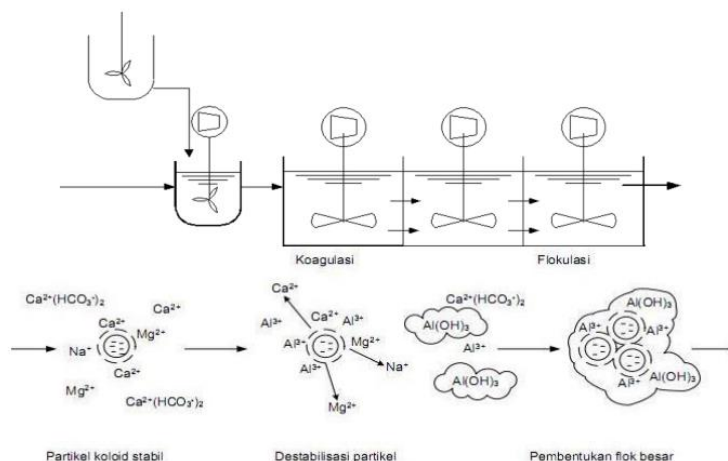
(Sumber: Water Treatment Handbook: 6th edition, Volume 1, 1991)

Tabel 2. 9 Gaya – gaya pada koloid

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

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

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



Gambar 2. 22 Gambar Proses Koagulasi – Flokulasi

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

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

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah aluminium sulfat atau garam besi. Kadang-kadang koagulan (seperti polielektrolit) diperlukan untuk menghasilkan flok yang lebih besar sehingga padatan tersuspensi dapat mengendap lebih cepat. Faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasiflokulasi air adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, suhu, pH, komposisi dan konsentrasi kation dan anion, durasi dan derajat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, dosis koagulan dan (jika perlu) koagulasi. Agen-koagulan. Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan penelitian laboratorium menggunakan jar tester untuk mendapatkan kondisi terbaik (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).



Gambar 2. 23 penelitian laboratorium menggunakan jar tester

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 aluminat	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3-n}$	Cairan, Bubuk	Asam	6,0 - 7,8
Ferri sulfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4-9

Ferri klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4-9
Ferro sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	>8,5

Sumber: Sugiarto, 2006

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu:

1. Pengaruh pH Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).
2. Pengaruh Temperatur Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.
3. Dosis Koagulan Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan 38 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

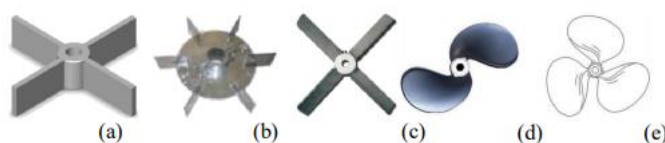
partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

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

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar 2.16. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Tabel 2.9 dapat dijadikan patokan untuk menentukan 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. 24 Tipe Paddle (a) Tampak atas, (b) tampak samping (Sumber: Qasim, 1985)



Gambar 2. 25 Tipe turbine dan propeller: (a) Turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbine dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade, (e) propeller 3 blade
(Sumber: Qasim, 1985)

Tabel 2. 10 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: maksimal 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:185)

Tabel 2. 11 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu pengaduk Mekanis

Waktu Pengadukan, t_d (detik)	Gradien Kecepatan (detik^{-1})
20	1000
30	900
40	790
$50 \geq$	700

Flokulasi merupakan 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
- $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$

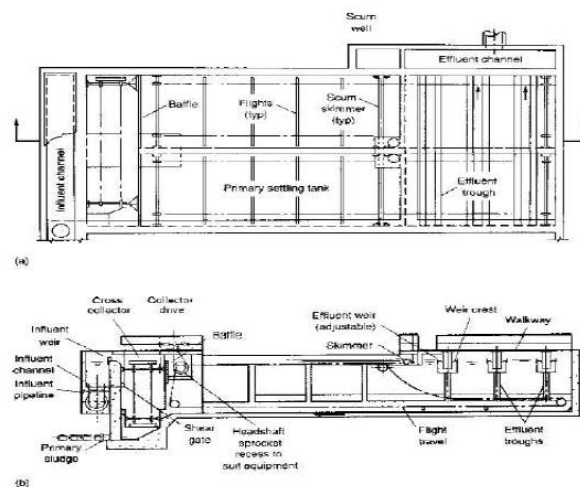
7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

- Waktu detensi = 15-30 menit
- $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
- GTd = 10.000-100.000 (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

2.4.6 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan pemisahan solid dari liquid menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan suspended solid. 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 setelah 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.



Gambar 2. 26 Denah dan Potongan Sedimentasi Rectangular

Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan 45 kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

Sedangkan menurut tipenya, sedimentasi dibagi menjadi :

- Sedimentasi tipe 1 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel diskrit
- Sedimentasi tipe 2 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel

flokulen

3. Sedimentasi tipe 3 yang ditujukan untuk mengendapkan lumpur biologis
4. Sedimentasi tipe 4 yang ditujukan untuk memampatkan partikel yang telah mengendap akibat dari berat partikel

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

1. Zona Inlet

Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak).

2. Zona Settling

Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya.

3. 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.

4. Zona Outlet

Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

Bak sedimentasi memiliki 4 bagian utama, yaitu bagian inlet, zona pengendapan, ruang lumpur dan zona outlet. Zona inlet merupakan tempat air masuk kedalam bak. Zona pengendapan merupakan tempat flok atau partikel mengalami proses pengendapan, ruang lumpur merupakan tempat lumpur mengumpul sebelum keluar bak. Zona outlet merupakan tempat dimana air akan meninggalkan bak yang biasanya berbentuk pelimpah (weir) (Masduqi, 2016). Untuk pengolahan air minum, sedimentasi yang umum digunakan yaitu sedimentasi tipe 2. Sedimentasi tipe 2 merupakan pengendapan partikel flokulan dalam air, dimana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel sehingga ukuran flok akan semakin besar dan pada akhirnya akan mengendap (Masduqi, 2016).

2.4.7 Desinfeksi

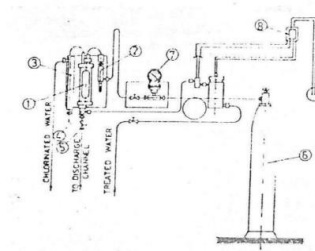
Desinfeksi diartikan sebagai destruksi mikroba patogen. Desinfeksi pada pengolahan air memiliki beberapa metode, yaitu secara fisik, kimia dan radiasi. Pada metode fisik, perlakuan yang diberikan yaitu berupa cahaya dan panas, contohnya seperti memanaskan air yang akan diolah hingga titik didih dimana sel mikroba akan hancur. Metode ini mengandalkan faktor-faktor fisik seperti panas dan cahaya untuk mengeliminasi mikroba patogen. Salah satu contoh paling sederhana adalah mendidihkan air, di mana suhu tinggi menyebabkan denaturasi protein dan kerusakan struktur sel mikroba. Meskipun efektif, metode ini memiliki keterbatasan dalam penerapan skala besar karena konsumsi energi yang tinggi dan potensi perubahan karakteristik air (Tchobanoglous et al., 2014).

Sedangkan pada metode kimia, perlakuan yang diberikan yaitu dengan membubuhkan zat kimia kedalam air yang akan diolah. Pada desinfeksi dengan metode kimia, yaitu dengan membubuhkan bahan kimia untuk proses desinfeksi, yaitu desinfektan. Bahan kimia yang umumnya digunakan yaitu klor dan senyawanya, bro, iodine, ozone, dan lain sebagainya. Faktor - faktor yang mempengaruhi proses desinfeksi antara lain (Masduqi, 2016) :

- a) Waktu kontak
- b) Jenis desinfektan
- c) Konsentrasi desinfektan
- d) Suhu
- e) Jumlah mikroba
- f) Jenis mikroba

Penggunaan radiasi, terutama sinar ultraviolet (UV), telah menjadi metode desinfeksi yang semakin populer dalam beberapa dekade terakhir. Sinar UV bekerja dengan merusak materi genetik (DNA atau RNA) mikroorganisme, mencegah replikasi dan efektif mematikan mereka. Metode ini memiliki keunggulan karena tidak menambahkan zat kimia ke dalam air, namun efektivitasnya dapat berkurang pada air dengan kekeruhan tinggi (Hijnen et al., 2006). 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.



Gambar 2. 27 Bak Klorinasi

2.4.8 Reservoir

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

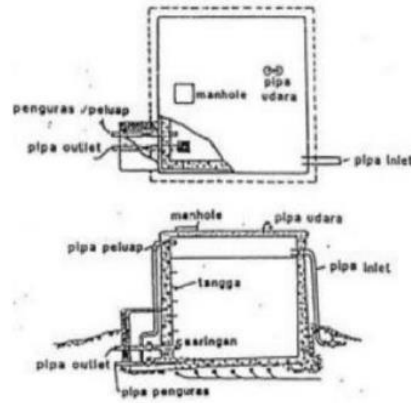
Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh

bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah.



Gambar 2. 28 Reservoir Permukaan

Sumber: (BPSDM PU)

2. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

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



Gambar 2. 29 Reservoir Menara

(Sumber: (BPSDM PU)

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

1. Reservoir Tanki Baja

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

2. Reservoir Beton Cor

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

3. Reservoir Fiberglass

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