

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Baku

2.1.1. Definisi

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

2.1.2. Sumber Air Baku

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

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

2.1.3. Persyaratan Penyediaan Air Baku

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

1. Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih.

Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut (Agustina, 2007) :

a. Persyaratan fisik

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

b. Persyaratan kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO_2 agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat.

c. Persyaratan biologis

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

d. Persyaratan radioaktif

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

2. Persyaratan Kualitas (Debit)

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

3. Persyaratan Kontinuitas

Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam perhari atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi, kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi (Agustina, 2007).

2.1.4. Karakteristik Air Baku

Air baku yang sering digunakan yaitu air permukaan (air sungai). Air permukaan (air sungai) umumnya mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut :

1. **Kekeruhan**

Kekeruhan air disebabkan oleh adanya zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Buangan industri dapat juga menyebabkan sumber kekeruhan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung perkembang biakannya. Air yang keruh sulit didesinfeksi, karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut. (Mbak Keket)

2. ***Total Suspended Solid (TSS)***

Padatan tersuspensi atau biasa disebut *Total Suspended Solid (TSS)* merupakan padatan yang mengandung senyawa organik maupun anorganik yang tersaring oleh kertas saring dengan pori 0,45 μm . kandungan yang ada didalam padatan tersuspensi umumnya memiliki dampak yang buruk bagi kualitas air karena kurangnya sinar matahari yang masuk kedalam badan air, sehingga mengakibatkan pertumbuhan organisme penting dalam air menjadi terhambat. (Huda, 2009)

3. **pH**

4. **Total Dissolved Solid (TDS)**

Zat padat terlarut TDS (*Total Dissolved Solid*) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi didalam air. Sedangkan pada musim kemarau air kelihatan berwarna hijau karena adanya genangan di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan mata telanjang (Situmorang, 2007).

5. *Escherichia Coli* (*E. coli*)

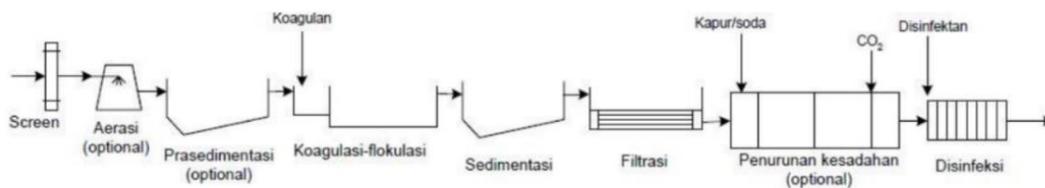
Bakteri coliform dalam air minum dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu coliform total, fecal coliform, dan *E. coli*. Masing-masing memiliki tingkat risiko yang berbeda. Coliform total kemungkinan bersumber dari lingkungan dan tidak mungkin berasal dari pencemaran tinja. Sementara itu, fecal coliform dan *E. coli* terindikasi kuat diakibatkan oleh pencemaran tinja, keduanya memiliki risiko lebih besar menjadi patogen di dalam air. Bakteri fecal coliform atau *E. coli* yang mencemari air memiliki risiko yang langsung dapat dirasakan oleh manusia yang mengonsumsinya (Pracoyo, 2006).

2.2. Bangunan Pengolahan Air Sungai

Rancangan proses pengolahan air permukaan menjadi air minum disesuaikan dengan karakteristik umum air permukaan. Parameter yang perlu diperhatikan adalah parameter yang kadarnya signifikan besar atau melebihi nilai baku mutu air minum. Air permukaan yang diolah untuk air minum dalam tugas ini adalah air sungai. Karakteristik umum air sungai adalah terdapat kandungan partikel tersuspensi atau koloid. Oleh karena itu, unit pengolahan air paling tidak terdiri atas:

- *Intake*
- Prasedimentasi
- Koagulasi-flokulasi
- Sedimentasi
- Filtrasi
- Desinfeksi

Bila air sungai mempunyai kekeruhan atau kadar lumpur yang tinggi, maka diperlukan tambahan unit pretreatment meliputi screen dan prasedimentasi. Bila kadar oksigen sangat rendah, maka diperlukan tambahan unit aerasi. Bila terdapat kandungan kesadahan yang tinggi, maka diperlukan tambahan unit penurunan kesadahan (presipitasi) dengan kapur/soda sedimentasi-rekarbonasi). Berikut ini skema unit pengolahannya :



Gambar 2. 1 Skema Unit Pengolahan Air Sungai

(Masduqi & Assomadi, 2012)

2.2.1. Bangunan Penyadap (*Intake*)

Intake merupakan bangunan yang diletakkan di sumber air yang fungsinya untuk menangkap air baku untuk kemudian dialirkan melalui pipa transmisi menuju bangunan pengolahan. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam membangun sistem intake ini adalah :

- Ditempatkan pada tempat yang tidak ada arus/aliran yang merusak, sehingga tidak akan terjadi gangguan dalam penyediaan air baku dan sedekat mungkin dengan instalasi pengolahan.
- Tanah disekitar *intake* harus stabil, diharapkan tidak akan terkena erosi akibat arus pada sungai, jika *intake* diletakkan dekat belokan sungai, bagian terbaik untuk meletakkannya adalah di lengkungan sungai di bagian luar, bila *intake* diletakkan di lengkungan bagian dalam maka dinding sungai akan tergerus oleh air sehingga ketinggian air akan berkurang, banyak terdapat pasir dan tumpukan sampah.
- Tersedianya jalan yang bebas rintangan menuju *intake*;
- Mulut *intake* harus berada di bawah muka air sungai guna mencegah masuknya bahan-bahan terbawanya pasir atau endapan kasar;

- Mempunyai jarak dari pinggir sungai guna mencegah terjadinya kontaminasi tercampurnya padatan (tanah) dengan air yang akan ditangkap;
- *Intake* harus diletakan di hulu sungai;
- Dipasang saringan untuk menahan sampah dan plastik;
- Harus mudah dibersihkan, misalnya pengambilan lumut dan endapan pasir.

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

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

Pada perencanaan *intake* perlu diperhatikan karakteristik air seperti fluktuasi muka air maksimum dan minimum, materi tersuspensi dan banyaknya kotoran yang mengapung. Kecepatan aliran perlu diperhatikan agar tidak terjadi pengendapan pasir. Kecepatan aliran yang dianjurkan untuk saluran *intake* adalah 0,6-1,5 m/dtk dengan waktu tinggal dalam *intake* 20 menit (Al-Layla et al., 1977).
Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

1. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan mahluk hidup lain);
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-

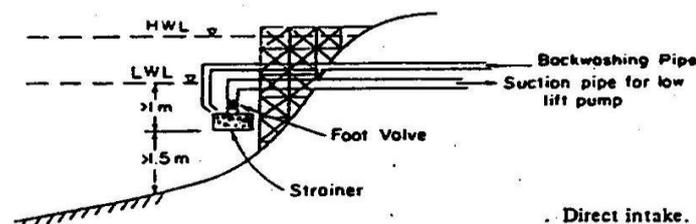
lain);

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 disusahakan 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 disusahakan 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 atau jenis yang bermacam-macam, antara lain:

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



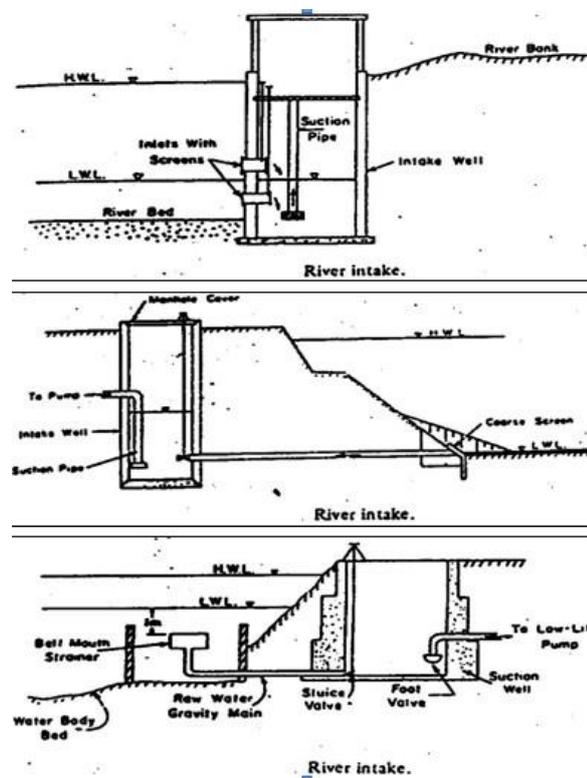
Gambar 2. 2 *Direct Intake*

(Kawamura, 2000)

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

a. *River Intake*

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

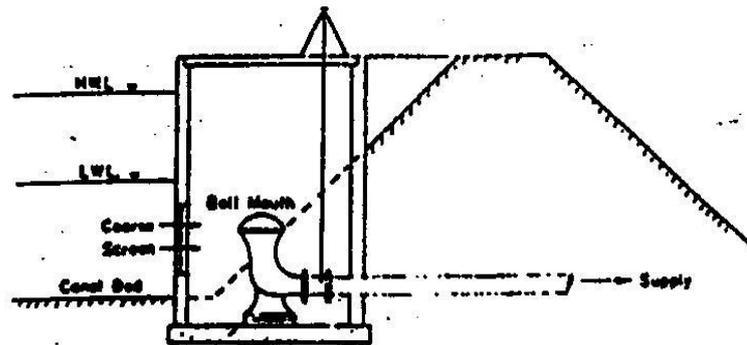


Gambar 2.3 *River Intake*

(Kawamura, 2000)

b. *Canal Intake*

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



Gambar 2. 4 *Canal Intake*

(Kawamura, 2000)

c. *Reservoir Intake*

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

d. *Spring Intake*

Digunakan untuk air baku dari mata air/air tanah.

e. *Intake Tower*

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

f. *Gate Intake*

Berfungsi sebagai screen dan merupakan pintu air pada prasedimentasi.

2.2.2. 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

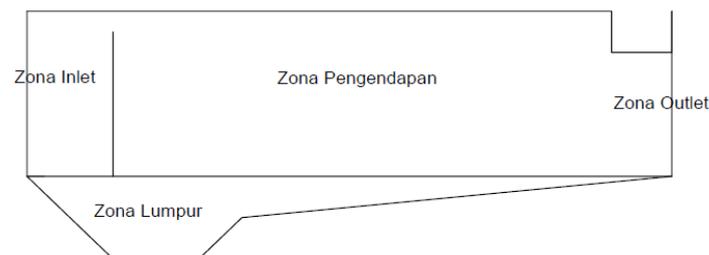
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.

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. 5 Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antarlain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 1 Desain Tipikal Prasedimentasi

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

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

<i>Weir loading</i>	gal/ft.d	10.000- 40.000	20.000	m ³ /m ² . d	125-500	250
---------------------	----------	-------------------	--------	---------------------------------------	---------	-----

Sumber : Metcalf & Eddy (2003;398)

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

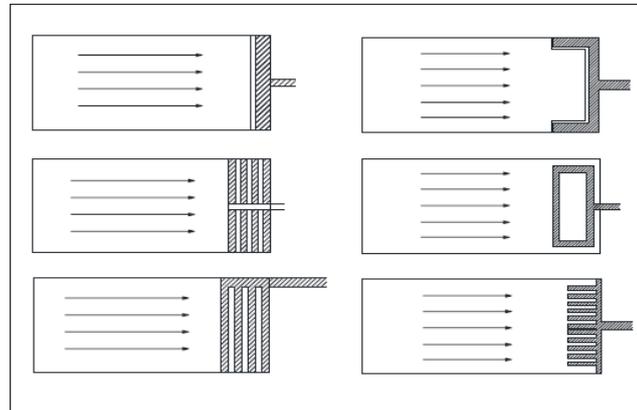
Tabel 2. 2 Beragam Weir Loading Rate Dari Berbagai Sumber

<i>Weir Loading Rate</i> (m³/hari.m)	Sumber	Keterangan
186	(Katz & D., 1962)	
249,6	(Katz & D., 1962)	Pada daerah yang terpengaruh <i>density current</i>
264	(Kawamura, 2000)	
125 – 250	(Droste, 1997)	
172,8 – 259,2	(Huisman, 1977)	

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

Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka weir loading rate akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk

mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona outlet tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar, antara lain dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Beragam Susunan Pelimpah pada Outlet

(Qasim et al., 2000)

2.2.3. Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi adalah proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Destabilisasi merupakan proses dimana partikel-partikel koloid bersatu dengan koagulan dan menjadi besar. Koagulan yang digunakan berfungsi untuk membantu proses flokulasi agar flok dapat terbentuk lebih cepat. Partikel koloid adalah hampir sama dengan padatan tersuspensi hanya saja mempunyai ukuran yang lebih kecil yakni kurang dari 1 μ m (mikron), dengan kecepatan pengendapan yang sangat rendah sekali. Partikel koloid ini juga yang menyebabkan timbulnya kekeruhan. Dengan demikian partikel-partikel koloid yang pada awalnya sukar dipisahkan dari air, setelah proses koagulasi akan menjadi kumpulan partikel yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan dengan cara sedimentasi, filtrasi atau proses pemisahan lainnya yang lebih mudah (Said & Ruliasih, 2005;153).

Menurut Reynolds & Richards, (1996;556), flokulasi adalah pengadukan lambat dari air yang telah ditambahkan koagulan untuk mengumpulkan partikel yang sudah di destabilisasi sehingga dapat membentuk flok. Terbentuknya flok-

flok menjadi lebih besar sehingga berat jenisnya lebih daripada air, maka flok - flok tersebut akan lebih mudah mengendap di unit sedimentasi.

Tabel 2. 3 Beberapa Jenis Koagulan Dalam Praktik Pengolahan Air

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

Sumber : (Sugiarto, 2006)

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

1. Pengaruh pH

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini

penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).

2. Pengaruh Temperatur

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

3. Dosis Koagulan

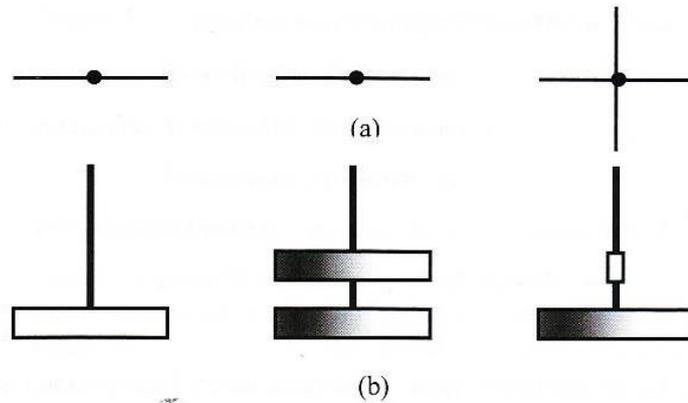
Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna,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

4. Pengadukan (*mixing*)

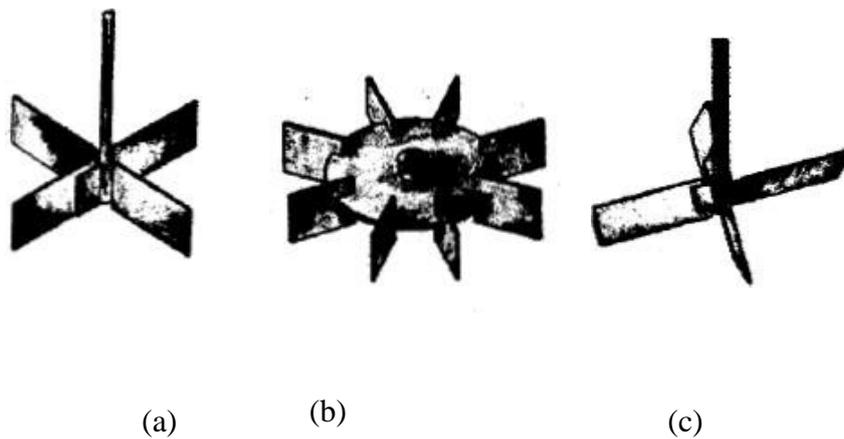
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflokk. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat.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

5. Pengaruh Garam

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

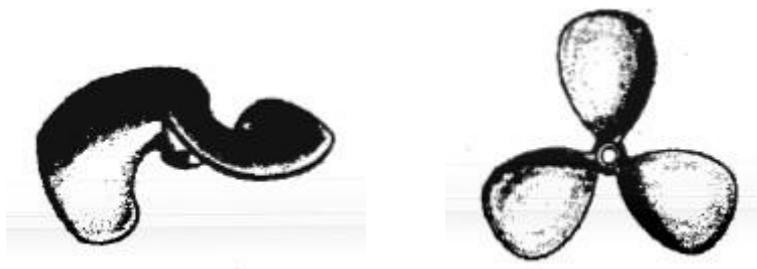


Gambar 2. 7 Tipe Paddle (A) Tampak Atas, (B) Tampak Samping
(Masduqi & Assomadi, 2012;112)



Gambar 2. 8 Tipe turbine (a) turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbine dengan blade menyerong

(Qasim et al., 2000)



(a)

(b)

Gambar 2. 9 Tipe propeller (a) propeller 2 blade, (b) propeller 3 blade

(Qasim et al., 2000)

Tabel 2. 4 Kriteria Impeller

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

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996;185)

Tabel 2. 5 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan Mekanis

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan (detik⁻¹)
20	1000

30	900
40	790
50 \geq	700

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996;184)

2.2.4. Sedimentasi

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

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

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

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

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

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

1. *Horizontal rectangular basin*
2. *Upflow sedimentation tanks*
3. *Upflow reactor clarifiers with sludge blanket* (Kawamura, 1991)

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

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

Dalam pengolahan air minum, karakteristik air baku perlu diperhatikan. Jika air baku yang digunakan berasal dari sungai tempat pernah terjadi banjir bandang, maka proses pengolahan sebaiknya menggunakan Grit chamber agar pasir dan lumpur dapat terendapkan. Grit chamber adalah proses plain sedimentation yang menghilangkan partikel diskrit yang berukuran lebih besar dari 15 μm .

Proses sedimentasi bergantung pada gravitasi pengendapan dari partikel, karena itulah dalam perencanaannya kecepatan pengendapan adalah hal penting, agar dapat mengendapkan partikel dalam kisaran temperatur air tertentu. Kecepatan pengendapan partikel dapat diukur di laboratorium dengan metode jarrest.

Kondisi iklim juga perlu diperhitungkan dalam perencanaan bangunan sedimentasi, seperti perubahan suhu harian dan musiman, suhu air dan udara, curah

hujan, serta intensitas dan arah angin. Jika temperatur cuaca harian cenderung berubah-ubah, bak akan mengalami aliran arus pendek karena kerapatan arus. Pada daerah dengan musim dingin, tangki perlu ditutup atau dihangatkan.

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

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).

2.2.5. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses dalam pengolahan air minum yang berfungsi untuk membunuh organisme patogen yang masih terdapat dalam air olahan. Yang terjadi dalam proses ini adalah dengan membubuhkan bahan kimia yang mempunyai kemampuan membasmi

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

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

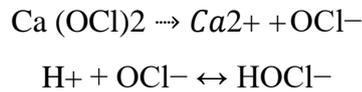
Ada beberapa hal yang mempengaruhi proses desinfeksi, diantaranya adalah :

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

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

- a. Desinfeksi Kimiawi

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



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

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

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

b. Desinfeksi Fisik

Desinfeksi menggunakan ultraviolet lebih aman daripada menggunakan klor yang beresiko membentuk trihalometan yang bersifat karsinogenik, tetapi jika digunakan ultraviolet sebagai desinfektan maka instalasi distribusi harus benar-benar aman dan menjamin tidak akan ada kontaminasi setelah desinfeksi. Apabila kontaminan masuk setelah air didesinfeksi, maka kontaminan tersebut akan tetap berada dalam air dan sampai ke tangan konsumen. Selain itu, biaya yang diperlukan juga lebih besar dibandingkan dengan desinfeksi menggunakan kaporit. Umumnya desinfeksi dilakukan sesaat sebelum air didistribusikan kepada konsumen. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan, yaitu:

- Dosis chlorine
- Senyawa chlorine yang biasa digunakan
- Metode aplikasi
- Desain bak
- Meteran air klorinasi

- Filter
- Pipa pengadukan
- Koneksitas air
- Out valve
- Chlorine cylinder
- Manometer
- Relay

Senyawa chlorine yang digunakan dalam pengolahan air minum adalah:

a) Chlorine (Cl_2)

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

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

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

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

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

2.2.6. Parameter Kualitas Air

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

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

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

Tabel 2. 6 Parameter Kriteria Mutu Berdasarkan Kelas

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
						tersuspensi \leq 5000 mg/L
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sebagai P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka \leq 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (IV)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
						minum secara konvensional, $\text{Cu} \leq 1 \text{ mg/L}$
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Fe} \leq 5 \text{ mg/L}$
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Pb} \leq 0,1 \text{ mg/L}$
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{Zn} \leq 5 \text{ mg/L}$
Khlorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{NO}_2\text{-N} \leq 1 \text{ mg/L}$
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	
MIKROBIOLOGI						

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
<i>Fecal coliform</i>	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, <i>Fecal coliform</i> \leq 2000 jml/100 ml dan <i>Total coliform</i> 10000 jml/100 ml
<i>Total coliform</i>	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	

Sumber : Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001

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

Tabel 2. 7 Lampiran Wajib Parameter Kualitas Air Minum

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

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

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

2.2.7. Pensen Removal

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

Tabel 2. 8 *Persen Removal*

No	Unit	% Removal	Sumber
1	<i>Bar Screen</i>	-	-
2	<i>Intake</i>	-	-
3	Prasedimentasi	1. Kekeruhan (65-80%)	1. <i>Reynolds/Richards 2nd Edition, 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Hal 130</i>
3	Koagulasi	-	-
4	Flokulasi	1. Kekeruhan (90-100%)	1. <i>Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224</i>
5	Sedimentasi	1. Kekeruhan (90%) 2. TSS (55%) 3. TDS (20%)	1. <i>Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224</i> 2. <i>Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 272</i> 3. <i>Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 225</i>
6	Filtrasi	1. Kekeruhan (80-90%) 2. TSS (50-80%) 3. TDS (20%)	1. <i>Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224</i> 2. <i>Syed R Qasim, 2000 Wastewater Treatment Plant. 7.33</i> 3. <i>Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224</i>

6	Desinfeksi	<ol style="list-style-type: none"> 1. E. Coli (100%) 2. TDS (0-20%) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 225</i> 2. <i>Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224</i>
7	Reservoir	-	-