

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Air Baku

Sumber air baku memegang peranan yang sangat penting dalam industri air minum. Air baku atau *Raw Water* merupakan awal dari suatu proses dalam penyediaan dan pengolahan air bersih. Berdasarkan SNI 6773:2008 tentang Spesifikasi unit paket Instalasi pengolahan air dan SNI 6774:2008 tentang Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air pada bagian Istilah dan Definisi yang disebut dengan Air Baku adalah : “Air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum” Sumber air baku bisa berasal dari sungai, danau, sumur air dalam, mata air dan bisa juga dibuat dengan cara membendung air buangan atau air laut. Sumber air yang layak harus berdasarkan ketentuan berikut :

- a. Kualitas dan kuantitas air yang diperlukan
 - b. Kondisi iklim
 - c. Tingkat kesulitan pada pembangunan intake
 - d. Tingkat keselamatan operator
 - e. Ketersediaan biaya minimum operasional dan pemeliharaan untuk IPAL
 - f. Kemungkinan terkontaminasinya sumber air pada masa yang akan datang
 - g. Kemungkinan untuk memperbesar intake pada masa yang akan datang
- (Nadya dkk, 2019).

2.2 Karakteristik Air Baku

Air minum merupakan air yang telah melalui proses pengolahan ataupun tidak melalui proses pengolahan yang memenuhi persyaratan kesehatan serta dapat diminum (Permenkes RI, 2010). Persyaratan kesehatan untuk air minum harus memenuhi persyaratan fisika, kimiawi, mikrobiologis, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan

yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Air baku yang digunakan untuk pengolahan umumnya menggunakan air permukaan (sungai). Sungai diklasifikasikan kedalam kelas – kelas sungai yang sesuai dengan peruntukannya. Kelas – kelas sungai tersebut telah diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 61 tahun 2010 tentang Penetapan Kelas Air pada Air Sungai. Klasifikasi sungai tersebut terdiri dari 4 kelas yaitu :

1. Kelas satu, air yang digunakan sebagai air baku air minum dan kegiatan lain mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, air yang digunakan sebagai prasaran atau saran rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan dan kegiatan lain mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang digunakan sebagai pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang digunakan untuk mengairi pertamanan dan kegiatan lain mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.3 Parameter Pencemar Air Baku

Dalam perencanaan pengolahan ir minum ini, air baku yang digunakan (Kali Surabaya Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik) mempunyai parameter pencemar sebagai berikut :

2.3.1 Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut (dissolved oxygen atau DO) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen (O_2) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang baik. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar.

Pengukuran DO juga bertujuan untuk melihat sejauh mana badan air mampu menampung biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Selain itu, kemampuan air untuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air (Kusniawati dan Budiman, 2020).

2.3.2 Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol besar daripada kadar bahan organik. Sebaliknya, perairan rawa memiliki kadar bahan organik yang lebih besar daripada kadar bahan anorganik terlarut (Effendi, 2003).

2.3.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah bahan organik yang ada pada air yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD meskipun nilai keduanya bisa sama tetapi sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada air. Zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengajuan BOD. Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

2.3.4 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi merupakan padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori – pori 0,45 µm. Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air serta dapat menyebabkan kekeruhan air yang sangat meningkat karena

terganggunya pertumbuhan mikroorganisme (Samantha & Almalik, 2019).

2.4 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.4.1 Bangunan Penyadap (Intake) dan Bar Screen

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

Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (intake) :

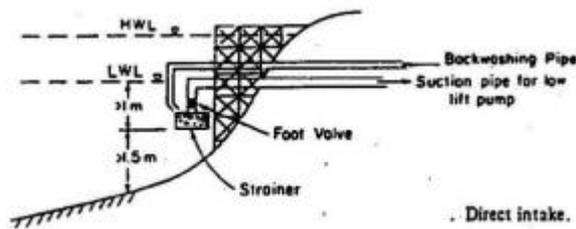
1. Penempatan bangunan penyadap (intake) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain – lain);
3.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

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

Menurut Kawamura (2000), bangunan intake memiliki tipe yang bermacam – macam antara lain :

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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

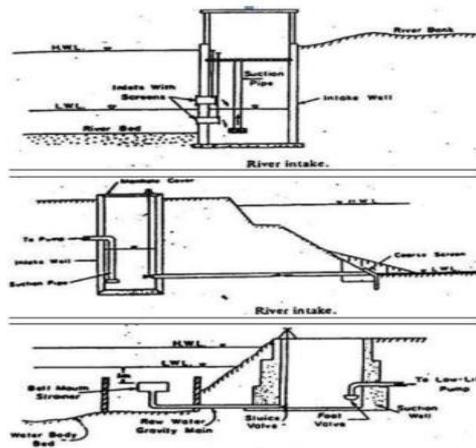


Gambar 2. 1 *Direct Intake*
Sumber : Kawamura, 2000

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

a. River Intake

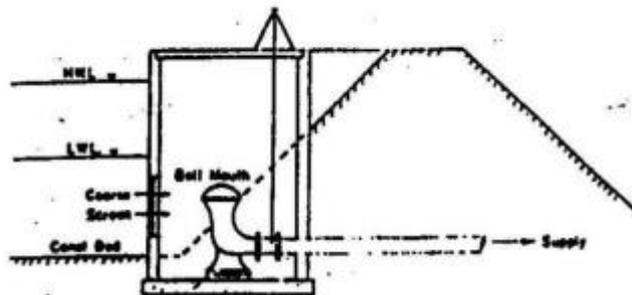
Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.



Gambar 2. 2 River Intake
 Sumber : Kawamura, 2000

b. Canal Intake

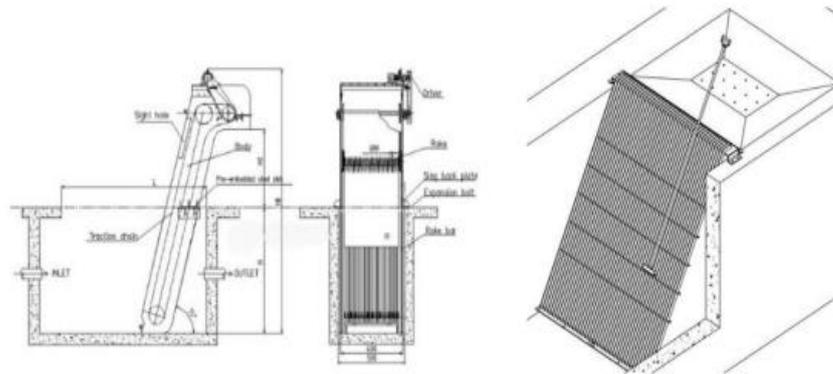
Digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber sebagian terbuka ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.



Gambar 2. 3 Canal Intake
 Sumber : Kawamura, 2000

Selanjutnya pada screening atau biasa disebut dengan bar screen digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan – potongan kayu, bahan – bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran $> 0,5 - 1$ cm sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf dan Eddy, 2003). Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi atau dipadatkan sebelum akhirnya dibuang.

Peran utama screening adalah untuk menghilangkan bahan – bahan kasar dari aliran air yang mampu merusak peralatan unit pengolahan berikutnya, mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan, dan mencemar saluran air.



Gambar 2. 4 Bar Screen

Sumber : Kawamura, 2000

Umumnya unit bar screen dibuat dari Batangan besi atau baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring kearah masuknya air (inlet) dengan kemiringan 30° - 45° dari horizontal (Metcalf dan Eddy, 2003). Tebal batang biasanya 5 – 15 mm dengan jarak antar batang 25 hingga 50 mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter atau limbah yang diinginkan. Bar screen dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (Qasim, 1985).

Tabel 2. 1 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Parameter	U.S. Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Ukuran batang				
Lebar	0,2 - 0,6	0,2 - 0,6	5 - 15	5 - 15
Kedalaman	1,0 - 1,5	1,0 - 1,5	23 - 38	23 - 38

Parameter	U.S. Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Ukuran batang				
Jarak antar batang	1,0 – 2,0	0,6 – 0,3	25 - 50	15 - 75
Parameter Lain				
Kemiringan thd vertikal (derajat °)	30 - 45	0 - 30	30 - 45	0 - 30
Kecepatan	1,0 – 2,0 ft/s	2,0 – 3,25 ft/s	0,3 – 0,6 m/s	0,6 – 1,0 m/s
Headloss	6 in	5 – 24 in	150 mm	150 – 600 mm

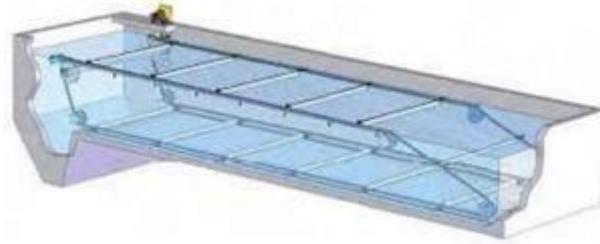
Sumber : Metcalf dan Eddy, 2004

2.4.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi merupakan pengolahan pendahuluan yang umumnya dilakukan dengan menggunakan unit prasedimentasi. Unit prasedimentasi terjadi proses pengendapan partikel diskrit. Partikel diskrit merupakan partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran, maupun berat pada saat mengendap. Pengendapan dapat berlangsung dengan efisien apabila syarat – syaratnya terpenuhi. Karakteristik aliran dapat diperkirakan dengan bilangan Reynolds dan bilangan Froude (Kawamura, 2000).

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 didalam 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 Bak Prasedimentasi

Sumber : Yulianti, 2012

Menurut Metcalf dan Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi antara lain waktu detensi, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading.

Tabel 2. 2 Kriteria Desain Unit Prasedimentasi

Komponen	Penentuan	Didapatkan atau digunakan	Sumber
Td (waktu tinggal)	0.3 - 30 menit	4 jam	Christoper dan Okun (1991)
P.L	4:1 - 6:1	3:01	
Nre	< 2000	Laminer (<2000)	
Tinggi Freeboard	> 0.3 m	0.325 m	Kawamura, S. (1991)

2.4.3 Aerasi

Aerasi adalah 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 oksidasai 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 didalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah penambahan jumlah oksigen, penurunan jumlah karbondioksida (CO₂), menghilangkan hidrogen sulfida (H₂S), metan (CH₄) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Tabel 2. 3 Desain dan Karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
1. Aerator gravitasi		
<ul style="list-style-type: none"> Cascade 	20 – 45% CO ₂	Tinggi : 1 – 3 m Luas : 85 – 105 m ² /m ² .det Kecepatan aliran : 0,3 m/det
<ul style="list-style-type: none"> Packing tower 	>95% VOC >90% CO ₂	Diameter kolom maksimum : 3 m Beban hidrolik : 2000 m ³ /m ² .hari
<ul style="list-style-type: none"> Tray 	>90% CO ₂	Kecepatan : 0,8 – 1,5 m ³ /m ² .menit Kebutuhan udara : 7,5 m ³ /m ² .air Jarak ray (tray) : 30 -75 cm Luas : 50 – 169 m ³ /m ² .det Tinggi : 1,2 – 9 m
<ul style="list-style-type: none"> Spray aerator 	70 – 90% CO ₂	Diameter nozzle : 2,5 – 4 cm Jarak nozzle : 0,6 – 3, 6 m Debit nozzle : 5 – 10 L/det

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
2. Aerator berdifusi	80% VOCs	Luas bak : 105 – 329 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{det}$ Tekanan semprotan : 70 kPa Waktu detensi : 10 – 30 menit 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 Waktu detensi : 10 – 30 menit
3. Aerator mekanik	70 – 90% CO_2 25 – 40 H_2S	Kedalaman tangka : 2 – 4 m

Sumber : Qasim, 2000

2.4.4 Koagulasi

Koagulasi dan flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan menambahkan bahan koagulan. Koagulan atau flokulan dibubuhkan kedalam 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 negative partikel didalam suspense. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Dosis koagulan yang diperlukan tergantung dari jenis koagulan yang digunakan, kekeruhan air, warna, pH, temperatur, dan waktu pencampuran. Penentuan dosis optimum koagulan secara eksperimental dengan jar tes (Darmasetiawan, 2001). Koagulan yang umum dipakai adalah aluminium sulfat atau tawas. Keuntungan dari penggunaan tawas ialah harga relative murah dan dikenal relative luas oleh operator sehingga tidak perlu pengawasan khusus (Anggraini, 2008). Berikut adalah jenis – jenis koagulan yang dapat digunakan :

Tabel 2. 4 Jenis Koagulan

Nama	Bentuk	Kelarutan (kg/m²)	pH Optimum	Densitas (kg/m²)	Harga (Rp/kg)
Aluminium Sulfat	Bongkahan, serbuk	872	6,0 – 7,8	1,62	1.600
Sodium Aluminat	Serbuk	Sangat larut	6,0 – 7,8	1,50	-
Poly Aluminium Chloride	Cairan, serbuk	719	6,0 – 7,8	1,09	6.100
Ferri Sulfat	Kristal halus	814	4 – 9	1,89	-
Ferri Klorida	Bongkahan, cairan	Sangat larut	4 – 9	2,89	4.800
Ferro Sulfat	Kristal halus	-	> 8,5	2,84	2.700

Sumber : Mulyadi, 2007

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidka 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 6- 9.

2. Pengaruh temperatur

Pada temperature yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengedap.

3. Dosis koagulan

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

5. 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.

6. Pengaruh garam

Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation. Jadi natrium dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Patimah, 2009).

Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi proses koagulasi beserta rumus perhitungannya :

a. Gradien kecepatan (G)

Merupakan perbedaan kecepatan antara dua titik atau volume terkecil fluida yang tegak lurus perpindahan. Gradien kecepatan berhubungan dengan waktu pengadukan. Nilai G yang terlalu besar dapat mengganggu titik akhir pembentukan flok.

$$G = \left(\frac{P}{\mu \times C} \right)^{1/2}$$

Dimana :

- G = gradien kecepatan (det-1)
- P = power pengaduk
- μ = viskositas absolut
- C = volume bak (m^3)

$$G = \left(\frac{hf \times y}{\mu \times T} \right)^{1/2}$$

Dimana :

- y = densitas air
- hf = kehilangan tekanan
- T = waktu detensi (td)

b. Waktu kontak (td)

Waktu kontak adalah nilai kontak antara partikel kimia dengan air baku yang dipengaruhi oleh volume bak dan debit air baku

$$td = \frac{\text{volume}}{\text{debit}} = \frac{V}{Q}$$

c. Putaran rotasi pengaduk (n)

$$n^3 = \frac{P \times gc}{Dt^5 \times \gamma \times Kt}$$

Dimana :

n = putaran

P = power pengaduk

gc = kecepatan gravitasi

Dt = diameter pengaduk

γ = densitas air

Kt = konstanta pengaduk untuk turbulensi

d. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds adalah bilangan untuk menentukan apakah aliran itu laminar, turbulen atau transisi

$$Nre = \frac{Dt^2 \times n \times \gamma}{\mu}$$

2.4.5 Flokulasi

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

- a. *Thermal motion*, yang dikenal dengan Brownian Motion atau difusi atau disebut sebagai *Flocculation Perikinetik*.
- b. Gerakan cairan oleh pengadukan
- c. Kontak selama pengendapan

Flokulasi merupakan pengadukan lambat untuk menggabungkan partikel – partikel koloid yang telah terstabilisasi menjadi flok – flok yang dapat diendapkan pada unit pengolahan berikutnya dengan cepat (Reynolds, 1982).

Tabel 2. 5 Kriteria Perencanaan Unit Flokulasi (Pengadukan Lambat)

Kriteria umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanis		Flocculator Clarifier
		Sumbu Horizontal dengan Pedal	Sumbu Vertikal dengan Bilah	
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) - 5	60 (menurun) - 10	60 (menurun) - 10	100 - 10
Waktu tinggal	30 - 45	30 - 40	20 - 40	20 - 100
Tahap flokulasi (buah)	6 - 10	3 - 6	2 - 4	1
Pengendalian energi	Bukaan pintu/sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran air
Kecepatan aliran max. (m/det)	0,9	0,9	1,8 - 2,7	1,5 - 0,5
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5 - 20	0,1 - 0,2	-
Kecepatan putaran sumbu (rpm)	-	1 - 5	8 - 25	-
Tinggi (m)				2 - 4*

Sumber : BSN : SNI 6674 : 2008

Keterangan : *termasuk ruang sludge blanket

2.4.6 Sedimentasi

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

- Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.

- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

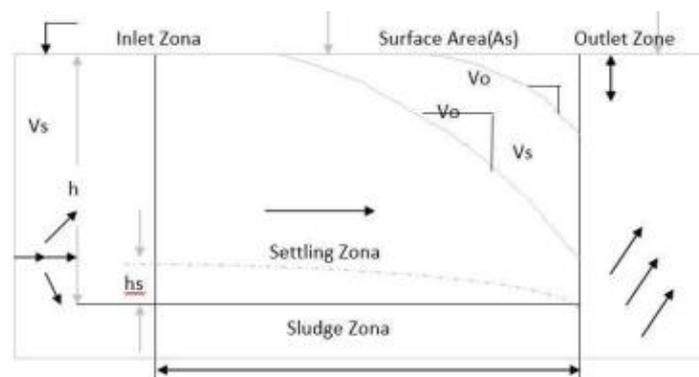
Menurut Camp dan Fitch (1946) dalam Reynolds (1982), pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat bagian. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah ;

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

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

1. Zona inlet
2. Zona outlet
3. Zona settling
4. Zona sludge

Adapun zona – zona tersebut digambarkan seperti dibawah ini :



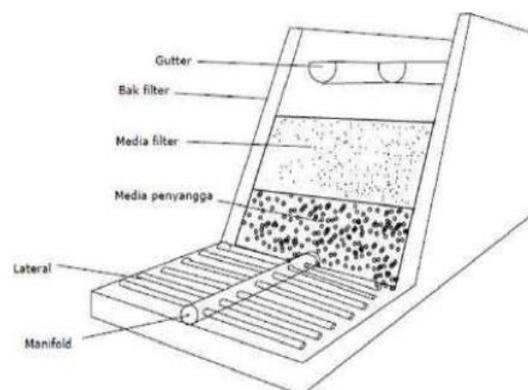
Sumber : Al Layla, 1980 “Water Supply Engineering Design”

Menurut Joko (2010), zona – zona tersebut terjadi proses – proses sebagai berikut :

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.

2.4.7 Filtrasi

Proses filtrasi merupakan proses pengaliran air dari hasil sedimentasi atau air baku melalui media pasir. Proses yang terjadi selama penyaringan adalah pengayakan (straining), flokulasi antar butir, sedimentasi antar butir, dan proses biologis. Dilihat dari segi desain kecepatan, filtrasi dapat digolongkan menjadi saringan pasir cepat (filter bertekanan dan filter terbuka) dan saringan pasir lambat (Darmasetiawan, 2001). Dilihat dari segi desain kecepatan, filtrasi digolongkan menjadi saringan pasir lambat (slow sand filter) dan saringan pasir lambat (rapid sand filter) (Al Layla, 1980).



Gambar 2. 6 Filtrasi

Sumber : Reynold dan Richards, 1996

1. *Rapid Sand Filter*

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* ini merupakan filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 – 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi - flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5 – 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90 – 98%.

2. *Slow Sand Filter*

Filter pasir lambat atau *slow sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 – 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau *schmutzdecke*. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. *Schmutzdecke* merupakan lapisan yang melakukan pemurnia efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati *schmutzdecke*, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi dan Assomadi, 2012).

Tabel 2. 6 Perbedaan *Rapid Sand Filter* dan *Slow Sand Filter*

Kriteria	<i>Rapid Sand Filter</i>	<i>Slow Sand Filter</i>
Kecepatan filtrasi	4 – 12 jam	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	40 – 400 m ²	2.000 m ²
Kedalaman bed	30 – 45 cm kerikil, 60 - 70 pasir, tidak berkurang saat pencucian	30 cm kerikil, 90 – 110 cm pasir, berkurang 50 – 80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	Effective size >0,55 mm, uniformity coefficient <1,5	Effective size >0,25 – 0,3 mm, uniformity coefficient <2 – 3
Distribusi ukuran media	Terstratifikasi	Tidak terstratifikasi

Kriteria	<i>Rapid Sand Filter</i>	<i>Slow Sand Filter</i>
Sistem underdrain	Pipa lateral berlubang yang mengalir ke pipa manifold	Pipa lateral berlubang yang mengalir ke pipa manifold atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran
Kehilangan energi	30 cm saat awal, hingga 275 cm saat akhir	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter <i>run</i>	12 -72 jam	20 – 60 hari
Metoda pembersihan	Mengangkat kotoran dan pasir ke atas dengan backwash	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	1 – 6% dari air tersaring	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahulu	Koagulasi-flokulasi-sedimentasi	Kekeruhan kurang dari 50 NTU

2.4.8 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode desinfeksi secara umum ada dua yaitu cara fisik dan kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode desinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.

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

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

Macam – macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

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

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode desinfeksi dengan gas klor. Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam – logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air. Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8 – 8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15 – 30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan laum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului prekolrinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2 – 0,5 mg/L (Said, 2009).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa Chlor (Cl₂) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan dengan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al, 2003).

2.4.9 Reservoir

Reservoir adalah tangka penyimpanan air bersih yang telah melalui proses pengolahan pada instalasi. Air yang telah mengalami proses

pengolahan ini kemudian menuju ke sistem distribusi. Reservoir terdiri dari dua jenis *ground storage reservoir* dan *elevated storage reservoir*. *Ground storage reservoir* membutuhkan pompa dalam pengoperasiannya dan biasanya digunakan untuk menampung air dengan kapasitas besar, sedangkan *elevated storage reservoir* dalam pengoperasiannya dilakukan secara gravitasi dan menampung air dengan kapasitas relative lebih kecil dari *ground storage* (Qasim, 2000).

Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. 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 menemui kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air (Ratnaningrum dkk, 2021). Berikut ini adalah kriteria desain dari reservoir :

- Jumlah unit atau kompartemen > 2
- Kedalaman (H) : 3 – 6 m
- Tinggi jagaan (Hj) > 30 cm
- Tinggi air minum (H min) : 15 cm
- Waktu tinggal (Td) > 1 jam

2.4.10 Belt Filter Press

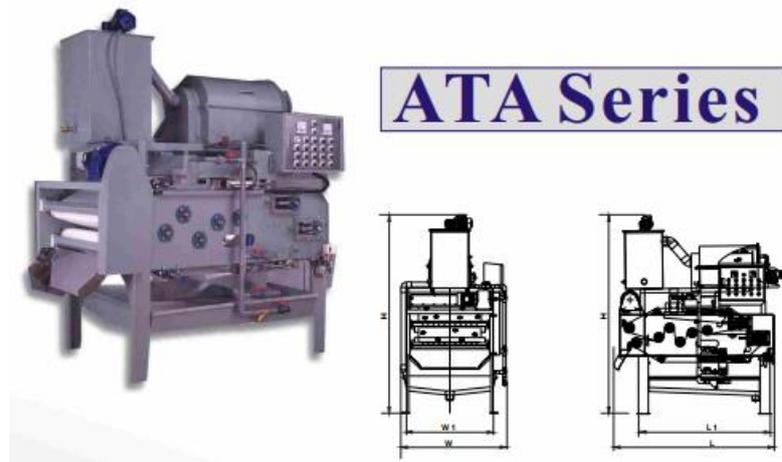
Sebagian besar dari jenis *Belt Filter Press*, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk membalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Di beberapa unit, bagian ini diberikan bantuan vacuum yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Tekanan yang digunakan adalah tekanan rendah dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Prinsip kerja belt filter press adalah dengan melewati lumpur diantara dua poros sabuk yang digulung dan dipasang dengan diameter poros yang berbeda. Belt filter press terdiri dari empat zona, yaitu zona *polymer conditioning*,

zona drainase dengan gravitasi, zona tekanan rendah dan zona tekanan tinggi (Aldeeb, A.A., 2000).

Tipe dan karakteristik dari residu memegang peranan penting dalam performa belt filter press. Faktor lain yang mempengaruhi diantaranya adalah sludge conditioning, belt pressure, kecepatan, tegangan, tipe dan perforasi dari serbuk (AWWA/ASCE/U.S.EPA, 1996).

Qasim et al (2000) menjelaskan bahwa *belt filter press* memiliki keunggulan untuk digunakan bila kondisi lumpur yang dihasilkan memiliki kadar padatan yang tinggi dan relatif memerlukan sumber daya energi yang kecil. Agar bisa mendapatkan performa *dewatering* yang baik, alum residual harus dikondisikan terlebih dahulu dengan polimer untuk menghasilkan flok yang besar dan kuat sehingga mudah dikeringkan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (McCormick, N. et al, 2009) menunjukkan bahwa dari enam instalasi yang menggunakan belt filter press sebagai *dewatering*, memiliki kapasitas loading rate antar 876 – 2,244 lbs/jam (kg/jam). Sedangkan untuk monitoring persentase padatan pada cake lumpur dari 7 instalasi, berkisar antara $24,6 \pm 10\%$.



Gambar 2. 7 Belt Filter Press

2.4.11 Profil Hidrolis

Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan :

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

- a. Kehilangan tekanan pada pintu.
- b. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus.
- c. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan asesoris.
- d. Kehilangan tekanan pada perpipaan rumus yang digunakan : $L \times S$
- e. Kehilangan tekanan pada aksesoris, cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S .
- f. Kehilangan tekanan pada pompa, bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- g. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok, cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

2. Tinggi muka air

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

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
- b. Tambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan

sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well.

- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.
- d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.

2.5 Persen Removal

Tabel 2. 7 Persen Removal Unit Pengolahan

Unit	Parameter	Persen Removal	Sumber
Intake	-	-	-
Prasedimentasi	-	-	-
Aerasi	DO BOD	200% 90%	Fair, Geyer, Okun, Water & Wastewater Engineering, 3rd Edition, 1954 Mirwan, A., Wijaya, U., Ananda, A. R., Wahidayanti, N., Yani, J. A., 36 Banjarbaru, K., & Selatan, K. 2010
Koagulasi	-	-	-
Flokulasi	-	-	-
Sedimentasi	COD TSS	30 – 60% 80 – 90%	Galuh Candra Dewi, Tri Joko. 2019. Kemampuan Tawas dan Serbuk Biji Asam Jawa untuk Menurunkan Kadar COD pada Limbah laundry. Universitas Diponegoro

Unit	Parameter	Persen Removal	Sumber
			Metcalf and Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition. Hal 497
Filtrasi	TSS	90 – 100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9. Hal. 224
Desinfeksi	-	-	-
Reservoir	-	-	-