

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Sumber air yang ada di alam pada umumnya mengandung bakteri dengan jumlah dan jenis berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya (Sumampouw, 2019). Air baku merupakan bahan yang dimanfaatkan sebagai air bersih maupun air minum. Air baku berasal dari alam yang di ambil dari sumber-sumber yang sudah memenuhi standar baku mutu terlebih dahulu seperti air hujan, air tanah, air permukaan dan air laut. Air baku yang banyak digunakan adalah air tanah dan air permukaan (sungai). Proses pengolahan air baku harus disesuaikan dengan klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan, lalu di olah menjadi air bersih maupun air minum sesuai kelasnya. Pada Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum kali ini, air baku yang digunakan adalah air limbah industri hasil dari proses pengolahan air buangan.

2.2 Karakteristik Air Baku

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

Tabel 2. 1 Karakteristik dan Parameter Air Baku

No	Parameter	Kadar
1.	COD	1562,9
2.	BOD	592,7
3.	TSS	246

No	Parameter	Kadar
4.	TDS	750
5.	pH	6,18
6.	Kekeruhan	8
7.	Total Coliform	225

(Sumber: Data Perencanaan)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 untuk BOD memiliki nilai standar baku mutu sebesar 150 mg/L, COD sebesar 300 mg/L, dan TSS sebesar 100 mg/L. Selain itu, berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 untuk TDS memiliki nilai standar baku mutu sebesar 500 mg/L, pH sebesar 6,5 – 8,5, Kekeruhan sebesar 5 NTU, dan Total *Coliform* sebesar 0 dalam 100 ml sampel. Ketujuh parameter tersebut harus diolah sesuai dengan baku mutu menggunakan unit yang telah direncanakan. Adapun penjelasan dari karakteristik air baku sebagai berikut:

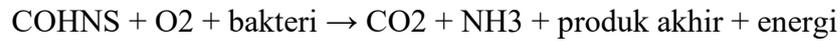
2.2.1 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD sendiri sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung di dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. BOD5 adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram per liter (mg/L) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. Untuk itu semua diperlukan waktu 100 hari pada suhu 28°C. Akan tetapi di laboratorium dipergunakan waktu 5 hari sehingga dikenal sebagai BOD5 (Sugiharto, 1987).

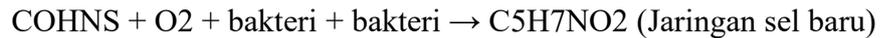
Dalam proses penguraian parameter BOD, terdapat tiga atau lebih proses yang berlangsung hingga dekomposisi BOD selesai. Proses pertama yaitu sebagian air limbah dioksidasi menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel dan pembentukan jaringan sel baru. Secara bersamaan beberapa bahan organik dari air limbah diubah menjadi jaringan sel baru menggunakan energi yang dilepaskan selama oksidasi. Ketika bahan organik habis, sel-sel baru akan mengonsumsi jaringan sel mereka sendiri untuk mendapatkan energi untuk

metabolisme sel. Proses ketiga ini disebut respirasi endogen. CHONS (karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur) mewakili jaringan sel dengan reaksi kimia:

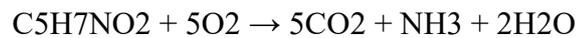
Oksidasi:



Sintesis:



Respirasi endogen:



(Metcalf & Eddy et al., 2007)

2.2.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD atau Chemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Penetapan COD didasarkan atas kenyataan bahwa hampir semua senyawa organik dapat dioksidasi dengan bantuan oksidator kuat dalam kondisi asam. Aminonitrogen akan diubah menjadi amoniak nitrogen (NH_4^+) dan pada oksidasi selanjutnya akan diubah menjadi nitrat (NO_3). Terdapat hubungan linear antara COD dan hasil BOD5, akan tetapi hubungan tersebut tergantung sepenuhnya pada komposisi air limbah (Qasim & Zhu, 2017).

Hubungan antara Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biological Oxygen Demand (BOD) yaitu keduanya digunakan untuk mengukur kandungan bahan organik dalam air atau limbah. Nilai BOD digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air atau limbah, sedangkan nilai COD digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air atau limbah. Karena COD mencakup senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme, nilai COD biasanya lebih tinggi daripada nilai BOD (Metcalf & Eddy et al, 2014). Kandungan COD yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 untuk efluen adalah sebesar 300mg/L, sedangkan kandungan COD yang dibuang ke badan air maksimal sebesar 100mg/L.

2.2.3 Total Suspended Solids (TSS)

Padatan tersuspensi total atau Total Suspended Solid (TSS) merupakan residu dari padatan total (Total Solid/TS) yang tertahan saringan dengan ukuran maksimal partikel sebesar 2 μ m dan lebih besar dari ukuran koloid. TSS menyebabkan air menjadi keruh karena padatan jenis ini tidak terlarut dalam air serta tidak dapat mengendap secara langsung. Secara umum TSS disebabkan oleh partikel yang memiliki berat maupun ukuran lebih kecil dari sedimen seperti tanah liat, bahan organik tertentu, sel mikroorganisme, dan sebagainya (Nasution, 2008). Partikel yang dapat digolongkan kedalam TSS antara lain tanah liat, lumpur, sulfida, ganggang, logam oksida, bakteri dan jamur (Tarigan, 2021). Umumnya TSS dapat di removal dengan menggunakan unit filtrasi serta flokulasi. Kandungan TSS yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 untuk efluen adalah sebesar 100 mg/L.

2.2.4 Total Dissolved Solid (TDS)

Zat Padat Terlarut (TDS) adalah partikel terlarut yang menyebabkan sulitnya penangkapan cahaya jika masa jenis air semakin tinggi. Massa jenis air yang tinggi dapat membelokkan cahaya sehingga cahaya akan terbias dan warna air tampak lebih muda. Rendahnya kadar TDS tidak menyebabkan perubahan warna pada air karena partikel yang sedikit sehingga tidak dapat memantulkan cahaya. Padatan tersuspensi memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan jumlah padatan terlarut sehingga warna air cenderung mengikuti nilai TSS (Rahadi et al., 2020). Standar baku mutu atau batas maksimum TDS menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 sebesar 500 mg/L.

2.2.5 Kekkeruhan

Tingkat kekeruhan air dapat menentukan tingkat kelayakan air yang digunakan (Iskandar et al., 2019). Kekkeruhan (turbiditas) adalah istilah yang mengacu pada ukuran yang menunjukkan tingkat non-transparansi dari suatu larutan atau cairan, hal ini biasanya disebabkan oleh adanya partikel yang tersuspensi yang ada didalam air. Secara fisis, indikator air bersih yaitu air yang bening, tidak berwarna, dan tidak berbau. Sedangkan secara optis, air yang tercampur oleh bahan pengotor keadaannya akan berubah warna, dan tingkat

kekeruhannya. Tingkat kekeruhan air dipengaruhi oleh kadar partikel yang terlarut di dalamnya (Putri Wirman et al., 2019).

Kekeruhan diukur dengan menggunakan peralatan optik khusus di laboratorium atau di lapangan. Cahaya diarahkan melewati sampel air, dan jumlah cahaya tersebar diukur. Unit pengukuran disebut *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Semakin besar hamburan cahaya, maka semakin tinggi kekeruhan. Nilai rendah menunjukkan bahwa kejernihan air tinggi, sebaliknya nilai yang tinggi menunjukkan bahwa kejernihan air rendah. Batas maksimum atau standar baku mutu kekeruhan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 sebesar 5 NTU.

2.2.6 Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan hasil pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam air baku. Total skala pH berkisar dari 1 sampai 14, dengan 7 dianggap netral. Nilai pH kurang dari 7 dikatakan asam dan nilai pH lebih dari 7 basa atau alkali (Allan et al., 2019). Nilai pH pada suatu perairan memiliki pengaruh terhadap jumlah organisme perairan sehingga dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik atau buruknya suatu perairan. Perubahan nilai pH dapat disebabkan beberapa hal seperti hujan asam, limbah buangan industri, limbah penambangan, dan pelapukan mineral yang akan berakibat fatal terhadap organisme perairan. Batas maksimum Standar Baku Mutu menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 yaitu untuk pH sebesar 6,5-8,5 mg/L.

2.2.7 Total Coliform

Coliform adalah bakteri gram negatif berbentuk batang yang bersifat anaerob atau fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, dan dapat memfermentasi laktosa untuk menghasilkan asam dan gas pada suhu 35°C-37°C (Sumampouw, 2019). Bakteri *coliform* adalah jenis bakteri yang umumnya digunakan sebagai indikator penentuan kualitas kebersihan makanan dan air. Keberadaan bakteri ini dapat digunakan sebagai indikator adanya organisme patogen lain seperti virus atau protozoa.

Coliform total merupakan bakteri kelas atas atau termasuk bakteri yang dapat bertahan dan berkembangbiak di air sehingga *coliform* tidak berguna sebagai indeks patogen kotoran khusus. Akan tetapi, *coliform* dapat digunakan sebagai indikator efektifitas perawatan serta penilaian terhadap kebersihan dan integritas sistem distribusi, dan keadaan potensial biofilm (Sumampouw, 2019).

2.3 Standar Kualitas Air Minum

Standar kualitas air minum digunakan sebagai acuan dalam mengukur parameter air baku yang akan diolah menjadi air minum. Peraturan yang mengatur standar kualitas air minum adalah Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Air yang disalurkan harus memiliki mutu yang baik, bersih/jernih dan dapat dinilai dari pandangan bahwa air sudah bersih tidak berbau, tidak berwarna dan keruh serta layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas mutu air minum sendiri diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas pertama: Air yang digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.
2. Kelas kedua: Air yang 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 kegunaannya.
3. Kelas ketiga: Air yang digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.
4. Kelas keempat: Air yang digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.

2.4 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.4.1 Bak Penampung Transisi

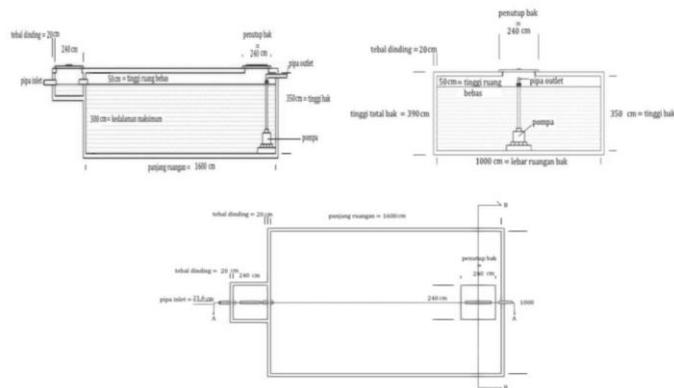
Bak penampung transisi merupakan unit yang digunakan untuk menampung air dari hasil proses pengolahan air buangan yang selanjutnya akan diolah menjadi air minum. Bak penampung sendiri merupakan bangunan yang memiliki fungsi untuk menampung serta menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi di bak penampung memiliki maksimum yaitu selama 30 menit, hal tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk (inlet) atau saluran pembawa agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak penampung, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Beberapa manfaat utama dari penggunaan unit bak penampung yaitu:

1. Pengolahan biologis dapat dioptimalkan karena *shock loading rate* mampu dikurangi/dicegah, zat penghambat dapat diencerkan
2. Kualitas efluen dan kinerja tangki sedimentasi sekunder setelah pengolahan biologis air limbah mampu dioptimalkan melalui peningkatan konsistensi dalam pemuatan padatan;
3. Kebutuhan luas permukaan dalam unit filtrasi dapat dikurangi, kinerja filter ditingkatkan, dan siklus backwash pada filter yang lebih seragam dimungkinkan dilakukan dengan muatan hidrolis yang lebih rendah (efisiensi penggunaan);
4. Dalam pengolahan kimia, mampu mengurangi penggunaan bahan kimia akibat ketidakstabilan parameter yang fluktuatif setiap jamnya.

Selain manfaat, unit bak penampung juga memiliki kekurangan diantaranya:

1. Memerlukan area/lokasi yang cukup luas
2. Mampu menimbulkan bau akibat waktu detensi limbah awal
3. Memerlukan operasi dan biaya tambahan sehingga biaya meningkat (Metcalf & Eddy et al., 2007).



Gambar 2. 1 Bak Penampung

(Sumber: Effendi, 2003)

Terdapat beberapa komponen utama dan pendukung yang harus diperhatikan dalam melakukan perencanaan bak penampung, antara lain (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018):

1. Rumah pompa, digunakan untuk mengatur debit air limbah yang akan masuk pada unit pengolahan selanjutnya, sehingga diperoleh debit harian rata-rata.
2. *Mixer/aerator*, komponen ini berfungsi untuk menyeragamkan air limbah domestik, khususnya terkait dengan kualitas dan parameter seperti pH, endapan diskrit, dan parameter lain yang tidak sesuai untuk unit pengolahan selanjutnya, penggunaan mixer/aerator dapat menjadi opsi dalam perencanaan unit bak penampung dalam pengolahan air.

Adapun kriteria desain dan perencanaan yang harus dipenuhi untuk perencanaan unit bak penampung antara lain sebagai berikut (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018):

Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan Bak Penampung

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1	Kedalaman Air Minimal	h_{min}	1,5 – 2	m	Metcalf & Eddy et al., 2007
2	Ambang Batas (Freeboard)	h_{fb}	5 – 30	%	
3	Laju Pemompaan Udara (aerasi)	Q_{udara}	0,01 – 0,015	m^3/m^3 -menit	

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
4	Kemiringan Dasar Tangki	Slope	40 – 100	mm/m diameter	Qasim & Zhu, 2017
5	Waktu Tinggal	Td	1 – 2	jam	Metcalf & Eddy et al., 2007

(Sumber: Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018)

Pada proses pengaliran air dari bak penampung menuju unit selanjutnya diperlukan pompa supaya debit yang masuk akan menjadi teratur sehingga dapat mengurangi adanya *shock loading rate*. Adapun karakteristik pompa yang akan digunakan yaitu:

Tabel 2. 3 Karakteristik Pompa Bangunan Pengolah Air

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa
Kinetik	Centrifugal	1. Air limbah sebelum diolah 2. Penggunaan Lumpur Kedua 3. Pembuangan effluent
	Peripheral	Limbah logam, pasir, air limbah kasar
	Rotor	Minyak, pembuangan gas, zat-zat kimia, aliran lambat untuk air dan buangan
Posite Displacement	Screw	1. Pasir, lumpur pengolahan pertama dan kedua 2. Air limbah pertama
	Diafragma Penghisap	1. Permasalahan zat kimia limbah logam 2. Pengolahan lumpur pertama dan kedua (permasalahan kimia)
	Air Lift	Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur sedimentasi kedua
	Pneumatic Ejector	Instalasi pengolahan air limbah skala kecil

(Sumber: Qasim, Syed R. Zhu Guang, *Wastewater Treatment Objective, Design Consideration, and Treatment Processes, Halaman 6-43*)

2.4.2 Koagulasi-Flokulasi

A. Koagulasi

Koagulasi biasa didefinisikan sebagai suatu proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan juga virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi dengan tujuan 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 men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Pada tabel dibawah ini dapat dilihat berbagai macam koagulan yang umum digunakan dalam pengolahan air.

Tabel 2. 4 Jenis-jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium Sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot X H_2O$ $x = 14,16,18$	Bongkah, Bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium Aluminate	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, Bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferric Sulfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal Halus	Asam	4 – 9
Ferri Klorida	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Bongkah, Cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	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 6-9.

2. Pengaruh Temperatur

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

3. Dosis Koagulan

Dosis koagulan terhadap air yang mempunyai 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 atau *Mixing* diperlukan supaya terjadi tumbukan antar 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

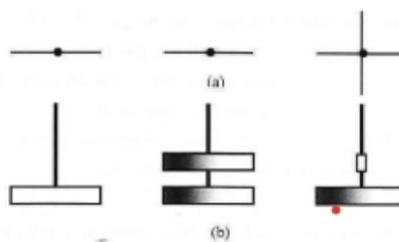
Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation.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

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatic. 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) masing-masing memiliki kriteria impeller yang berbeda.

Tabel 2. 5 Kriteria Impeller

Type Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Ket
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 & Richard, 1996:185)



Gambar 2. 2 Tipe Paddle (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

(Sumber: Maduqi & Assomadi, 2012)



Gambar 2. 3 Tipe Turbin

(Sumber: Qasim et al., 2000)



Gambar 2. 4 Tipe Propeller (a) 2 Blade (b) 3 Blade

(Sumber: Qasim et al., 2000)

Adapun beberapa faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Nilai waktu pengadukan mekanis dan gradient kecepatan dapat dilihat dalam **Tabel 2.6** di bawah ini:

Tabel 2. 6 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis Dan Gradient Kecepatan

Waktu pengadukan, td (detik)	Gradient Kecepatan (detik^{-1})
20	1000
30	900
40	790
≥ 50	700

(Sumber: Reynolds & Richard, 1996:184)

Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (power) yang dibutuhkan harus memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta K_L dan K_T .

Tabel 2. 7 Konstanta K_L dan K_T Untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	K_L	K_T
Propeller, pitch of 1,3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2,3 blades	43,5	1,00

Jenis Impeller	KL	KT
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddles), $D_i/W_i=4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$	71,0	3,82

(Sumber: Reynolds & Richard, 1996,188)

B. Flokulasi

Flokulasi adalah sebuah proses dengan mengadakan kontak antara partikel koloid yang mengalami destabilisasi pada proses koagulasi sebelumnya sehingga ukuran partikel bisa bertambah lebih besar (Faryandi, 2020). Dalam proses flokulasi terjadi penyatuan flok yang terbentuk dari proses koagulasi menjadi lebih besar. Proses flokulasi terjadi pengadukan lambat sehingga membentuk flok yang lebih besar dan mudah diendapkan. (Lolo et al., 2020).

Fungsi dari proses flokulasi sendiri yakni sebagai pengoptimalan laju kontak antara partikel yang terdestabilisasi (Utamingrum, 2018). Pada proses flokulasi sendiri menggunakan flokulan. Flokulan yakni bahan kimia yang berguna untuk membentuk flok menjadi besar dan stabil (Setiyono, 2014).

Berdasarkan Critenden 2012, flokulasi dibedakan menjadi dua (Utamingrum, 2018):

- a. Mikroflokulasi Terjadi ketika partikel teragregasi karena termal acak dari molekul-molekul cairan yang disebut Brownian Motion. Mikroflokulasi terjadi pada partikel yang kecil (kurang dari 0,1 μm).
- b. Makroflokulasi Terjadi ketika partikel teragregasi karena adanya peningkatan gradien kecepatan sehingga menyebabkan tabrakan antara partikel tersuspensi.

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 s^{-1}) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan *camp*) berkisar 48.000 hingga 210.000. 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 yaitu:

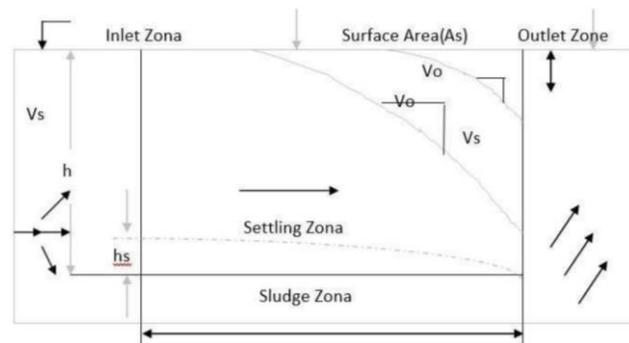
1. Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ s}^{-1}$
2. Air waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10 - 75 \text{ s}^{-1}$
3. Air keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
4. Menggunakan koagulan garam besi
 - G tidak lebih dari 50 s^{-1}
5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - 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
 - $G = 10 - 50 \text{ s}^{-1}$
7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15 - 30 menit

$$- G = 20 - s^{-1} - GTd = 10.000 - 100.000$$

(Masduqi & Assomadi, 2012: 110)

2.4.3 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan unit pada bangunan pengolahan air minum yang digunakan sebagai pemisah antara padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Bentuk dari unit sedimentasi yang umum digunakan adalah *rectangular* dan *circular* yang terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Adapun zona – zona tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. 5 Zona-zona Bak Sedimentasi

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

Pada setiap zona terjadi 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.

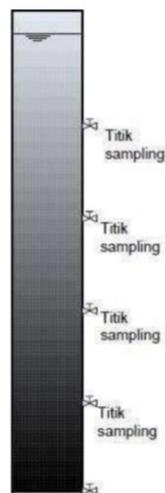
Unit sedimentasi memiliki pengaplikasian utama pada instalasi pengolahan air. Pengaplikasian utama tersebut meliputi:

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

Pada proses pengendapan yang terjadi di dalam bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan oleh konsentrasi dari partikel dan kemampuan partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu antara lain:

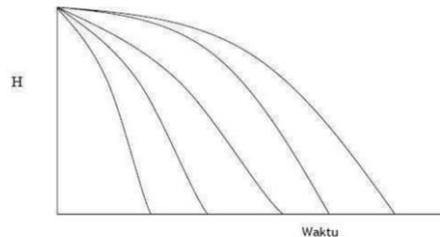
- a) Pengendapan tipe I (*free settling*)
- b) Pengendapan tipe II (*flocculent settling*)
- c) Pengendapan tipe III (*zone/hindered settling*)
- d) Pengendapan tipe IV (*compression settling*)

Kecepatan pengendapan partikel tidak dapat ditentukan dengan persamaan *Stoke's* karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap diuji dengan *column settling test* dengan *multiple withdraw ports*. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik.



Gambar 2. 6 Kolom Test Sedimentasi Tipe II

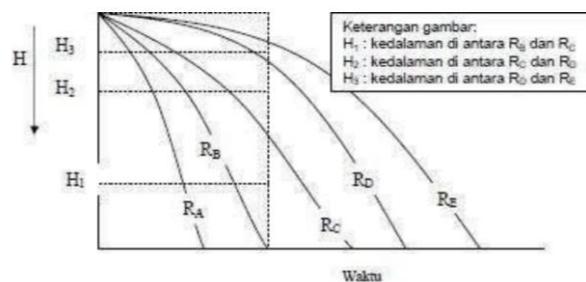
(Sumber: Ali Masduqi, 2016)



Gambar 2. 7 Grafik Iso removal

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

Grafik isoremoval digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H1, H2, H3.



Gambar 2. 8 Penentuan Kedalaman H

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R = R_B + \frac{H_1}{H} (R_C - R_B) + \frac{H_2}{H} (R_D - R_C) + \frac{H_3}{H} (R_E - R_D)$$

Grafik isoremoval juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan *surface loading* dan *overflow rate* bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu. Langkah yang dilakukan adalah:

1. Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu (mengulangi Langkah diatas minimal 2 kali).

2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagian sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x).
3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan *overflow rate* (sebagai sumbu x).

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi (t_d) dan *overflow rate* (V_o) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara *batch*). Nilai ini dapat digunakan dalam mendesain bak pengendap (aliran kontinu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor *scale up*. Untuk waktu detensi, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk *overflow rate*, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 0,65 (Reynolds & Richards, 1982). Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan:

a. *Horizontal-flow Sedimentation*

Desain pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% kekeruhan air. Bentuknya yang *rectangular* tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang *circular* biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik. Cara kerja dari bak sedimentasi berbentuk *rectangular* (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok akan masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona *settling* melalui *baffle*/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona *settling* partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet. Adapun keuntungan penggunaan jenis bak *horizontal-flow* dibandingkan dengan *up flow* adalah lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air:

- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah

- Operasional dan perawatannya mudah Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

b. *Upflow Sedimentation*

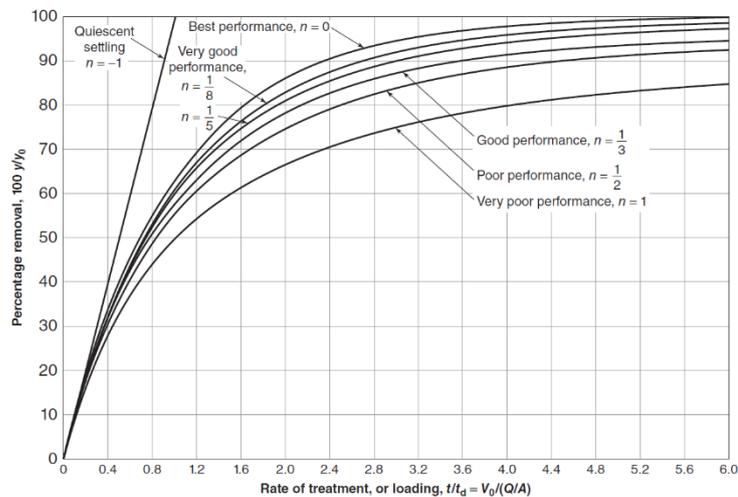
Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil. Semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air semakin besar (Sugiharto, 2008). Pengotoran air mengandung bahan-bahan organik, merusak kehidupan air serta menimbulkan bau. Salah satu cara untuk menurunkan polutan yaitu dengan teknologi pengolahan yang dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia untuk menetralkan keadaan dan meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur dilanjutkan dengan proses pengendapan untuk mengurangi bahan organik, proses ini dikenal dengan proses koagulasi yang bertujuan untuk memisahkan koloid yang sangat halus di dalam air, menjadi gumpalan-gumpalan yang dapat diendapkan, disaring atau diapungkan. Dengan berkurangnya bahan organik terlarut akan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut sehingga nilai BOD akan menurun. Menurut Metcalf & Eddy (2003), adanya waktu tinggal, penambahan bahan kimia, serta pengadukan sebelum unit sedimentasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan BOD sekitar 50-80%. Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh *overflow rate*, *detention time* dan kedalaman bak pengendap. Pengaruh dari faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

- *Detention time* (t)
- *Over flow rate*

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

- Kedalaman air = 3 – 4,5 m
- Kecepatan aliran = 0,3 – 1,7 m/min
- Waktu detensi = 1,5 – 4 Jam
- *Surface loading* = 1,25 – 2,5 m³/jam
- Panjang/lebar = minimum ¼
- Kedalaman air/panjang = minimum 1/15
- *Weir loading rate* = 9 – 13 m³ /m.jam

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



Gambar 2. 9 Grafik Kecepatan Pengendapan Partikel pada Sedimentasi
(Grafik Shammam, 2016. Halaman 448)

2.4.4 Filtrasi

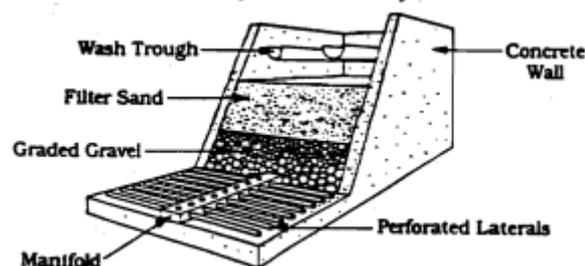
Menurut Al-Layla pada tahun 1980, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan

proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri. Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah:

- a. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter.
- b. Proses sedimentasi di dalam filter
- c. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter
- d. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
- e. Proses koagulasi di dalam filter
- f. Proses biologis di dalam filter
- g. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini.



Gambar 2. 10 Bagian – bagian filter

(Sumber: Reynolds & Richard, 1996)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya. Menurut Al-Layla pada tahun 1980, pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m³ /m².hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m³ /m².hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,450,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses backwash pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari *head loss filter* saat itu (Al-Layla, 1978).

Keuntungan menggunakan *rapid sand filters* adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Sedangkan kekurangan dari *rapid sand filters* adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak.

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrazit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan. *Effective Size* (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata-rata dan standar deviasinya (Al-Layla, 1978).

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size). Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah:

Single media pasir: UC = 1,3 – 1,7

$$ES = 0,45 - 0,7 \text{ mm}$$

Untuk *dual* media: UC = 1,4 – 1,9

$$ES = 0,5 - 0,7 \text{ mm}$$

Pada perancangan bangunan air minum kali ini, kami menggunakan filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2019).

Tabel 2. 8 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antarsaringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 - 11	6 – 11
2	Pencucian: Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash
	Kecepatan (m/jam)	36 – 50	36 – 50
	Lama pencucian (menit)	10 – 15	10 – 15
	Periode antar dua pencucian (jam)	18 – 24	18 – 24
	Ekspansi (%)	30 – 50	30 – 50
3	Dasar filter		

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antarsaringan
	a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah	80– 100	80– 100
	- Kedalaman (mm)	2 – 5	2 – 5
	Ukuran butir (mm)	80-100	80-100
	- Kedalaman (mm)	5-10	5-10
	Ukuran butir (mm)	80-100	80-100
	- Kedalaman (mm)	10-15	10-15
	Ukuran butir (mm)	80-150	80-150
	- Kedalaman (mm)	15-30	15-30
	Ukuran butir (mm)		
	b. Filter nozel	<0,5	<0,5
	- Lebar slot nozel (mm)	>4%	>4%
	- Persentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)		

(Sumber: SNI 6774-2008)

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter.

Tersumbatnya media filter ditandai oleh:

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan *energy* (*headloss*) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter
- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (*upflow*) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 – 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 – 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter yaitu:

- Menggunakan menara air

- *Interfilter*

2.4.5 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 disinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode disinfeksi 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 disinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan desinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan kalium permanganat.

Kemampuan disinfeksi 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 disinfeksi adalah:

1. Waktu kontak.
2. Konsentrasi disinfeksi.
3. Jumlah mikroorganisme.
4. Temperatur air.
5. pH

Calcium Hypochlorite $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ umum disebut pula kaporit. Di Indonesia untuk mendesinfeksi air minum banyak digunakan kaporit sebagai desinfektan,

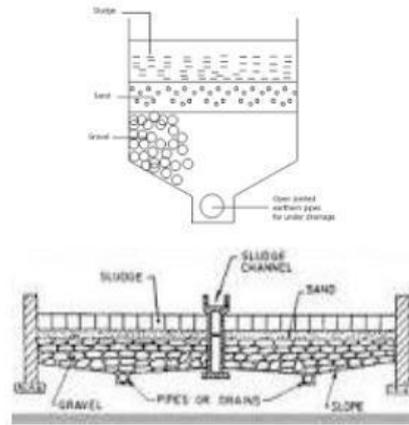
terutama oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) bila kaporit dilarutkan ke dalam air maka akan menghasilkan atom – atom zat asam. Atom – atom zat asam inilah yang sebenarnya aktif membunuh bakteri – bakteri, karena bakteri – bakteri dioksidir (bakar). Bakteri – bakteri juga mempunyai enzyrna dan oleh atom – atom zat asam enzyrna dioksidir sehingga bukan saja enzyrna tapi seluruh sel bakteri rusak karena rusak bakteri – bakteri pun mati. Menurut Mursid, 1991, kaporit lebih sering dipergunakan dari pada CaOCl_2 (*Chloride of Lime*), karena sifatnya yang lebih stabil dan lebih melarut dalam air. Kaporit berupa bubuk dan bersifat higroskopis, karena itu menyimpan kaporit harus ditutup rapat (Ali, 2010). Kalsium Hipoklorit atau yang sering dikenal dengan kaporit merupakan senyawa klor berbentuk bubuk atau tablet. Kaporit bila ditambahkan ke dalam air akan terhidrolisis menghasilkan ion klor dan asam hipoklorit (Komala & Agustina, 2014).

2.4.6 Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur / sludge dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / sludge diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan. umpur yang berkisar antara 200-300 mm. Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open join) (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada *sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media

penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki *effective size* antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed* (Metcalf & Eddy et al., 2007).



Gambar 2. 11 *Sludge Drying Bed*

Sumber: Metcalf and Eddy, 2007

Pipa inlet pada bangunan *sludge drying bed* harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering digunakan. Sistem penyaluran *sludge* dilakukan dengan mengalirkan air tegak lurus dengan posisi *sludge drying bed* guna mengurangi kecepatan alir saat *sludge* memasuki bangunan pengering.

Padatan pada *sludge drying bed* hanya dapat dikuras dari bangunan *sludge drying bed* setelah *sludge* mengering. Lumpur yang mengering memiliki ciri yaitu permukaan terlihat retak, mudah hancur dan berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila lumpur telah dikeruk menggunakan *scraper* atau secara manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Sludge drying bed yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi tersebarnya bau yang

mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reaktor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor *sludge drying bed* dibangun pada jarak minimal 100m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Daya tampung *sludge drying bed* dihitung berdasarkan perbandingan area per kapita dengan satuan *sludge* / lumpur kering dalam kg per meter persegi per tahun ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{tahun}$). Data tipikal untuk variasi lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini:

Tabel 2. 9 Kebutuhan Luas Lahan Tipikal untuk Reaktros SDB

Tipe Biosolid	Luas Lahan		Sludge Loading rate	
	$\text{Ft}^2/\text{person}$	$\text{Km}^2/\text{person}$	lb lumpur kering/ $\text{ft}^2 \cdot \text{tahun}$	Kg lumpur kering/ $\text{m}^2 \cdot \text{tahun}$
<i>Primary Digested</i>	1 – 1,5	0,1	25 – 30	120 – 150
Humus <i>Tricking Filter</i>	1,25 – 1,75	0,12 – 0,16	18 – 25	90 – 120
Lumpur <i>Activated Sludge</i>	1,75 – 2,5	0,16 – 0,23	12 – 20	60 – 100
Lumpur Presipitasi Kimia	2 – 2,5	0,19 – 0,23	20 - 33	100 – 160

2.4.7 Reservoir

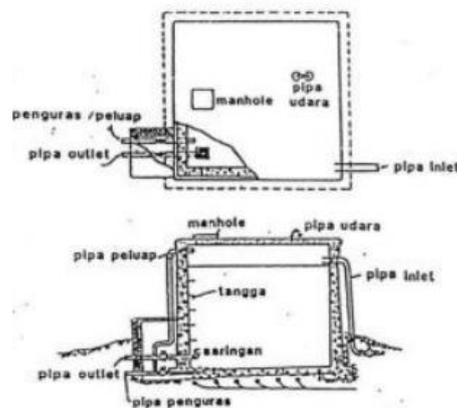
Reservoir merupakan tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Reservoir umumnya diperlukan dalam sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan

baik. Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air.

Seringkali debit produksi air bersih tidak selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air. Berdasarkan tinggi relatif reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Reservoir Permukaan

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh reservoir tersebut terletak di bawah permukaan tanah



Gambar 2. 12 Reservoir Permukaan

(Sumber: BPSDM PU)

2. Reservoir Menara

Reservoir Menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungan dari reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tangki sekitarnya.



Gambar 2. 13 Reservoir Menara

(Sumber: BPSDM PU)

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksi, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 3, 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.