

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air merupakan unsur yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, termasuk manusia. Peran air dalam kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Salah satu pemanfaatan air adalah untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga seperti minum, memasak, mandi, mencuci dan kegiatan lainnya. Selain menjadi kebutuhan pokok bagi kelangsungan hidup manusia, air juga berperan sebagai penentu kesehatan masyarakat. Irianto (2004) menjelaskan bahwa kebutuhan air masuk ke dalam tubuh tergantung dari jumlah air yang dikeluarkan oleh tubuh.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Pasal 1 angka 1, bahwa air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku merupakan air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.

Berdasarkan peraturan di atas dapat disimpulkan bahwa air baku minum adalah air yang berasal dari sumber air yang memenuhi persyaratan mutu tertentu dan dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga dengan atau tanpa pengolahan terlebih dahulu. Air baku atau *raw water* merupakan awal dari proses penyediaan dan pengolahan air bersih. Air baku digunakan sebagai komponen utama pengolahan air minum.

Air baku dapat diperoleh dari beberapa sumber antara lain air hujan, air permukaan, air laut dan air tanah. Di Indonesia sendiri, sumber air yang paling sering digunakan masyarakat adalah air tanah, baik air tanah dangkal maupun air tanah dalam.

2.1.1 Sumber Air Baku

Sumber air baku yang dapat diolah untuk digunakan sebagai air minum adalah air tanah dan air permukaan, penjelasannya sebagai berikut=

1. Air Tanah

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air, dijelaskan bahwa air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Kecepatan aliran air tanah ini secara alami sangatlah kecil, yaitu berkisar antara 1,5 m/hari – 2 m/hari.

Karakteristik geologis seperti morfologi dan jenis batuan, serta luasan singkapan dan ketebalan lapisan, menyebabkan terbentuknya struktur lapisan yang kedap air dan permeabel. Berdasarkan karakteristik fisik air tanah yang

dengan simpanan rendah dan mutu air yang asin atau payau sehingga tidak memenuhi persyaratan air minum (Astono, 2011).

2. Air Permukaan

Air Permukaan adalah semua Air yang terdapat pada permukaan tanah Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air). Air permukaan adalah air di permukaan, seperti sungai, rawa, danau, dan mata air. Sebagai sumber air baku air minum, air permukaan harus memenuhi kualitas oksigen terlarut, pH yang sesuai, kandungan padat, kandungan bakteri, adanya zat beracun, suhu dan parameter lainnya. Air permukaan yang banyak digunakan sebagai sumber air baku untuk pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau (Astono, 2011).

2.1.2 Pemilihan Sumber Air Baku

Menurut Droste (1997), dalam memilih sumber air baku harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut=

1. Kualitas air baku
2. Volume (kuantitas) air baku
3. Kondisi iklim di daerah sumber air baku
4. Lokasi sumber air baku harus tetap, tidak mengalami kemungkinan pindah atau tertutup
5. Konstruksi intake yang memenuhi syarat dan kesulitan yang kecil
6. Kemungkinan perluasan intake di masa yang akan datang
7. Elevasi muka air sumber mencukupi
8. Kemungkinan timbulnya pencemar di masa yang akan datang
9. Fasilitas dan biaya operasi dan perawatan yang tersedia mencukupi

Pendekatan yang paling efektif untuk menentukan apakah suatu sumber air memenuhi persyaratan sebagai sumber air baku air minum adalah memilih sumber dengan kualitas yang baik. Kualitas dari sumber air baku haruslah diperhatikan karena berpotensi mengandung berbagai macam polutan.

2.1.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku

Pada prinsipnya sumber air apapun dapat digunakan sebagai sumber air baku untuk air minum. Namun karena keterbatasan teknologi dan biaya, hanya air dengan kualitas tertentu yang biasanya digunakan sebagai air baku. Semakin baik air bakunya, semakin baik juga untuk menjadi air baku air minum.

Persyaratan baku mutu secara umum dibagi menjadi tiga faktor yang harus dimiliki oleh air baku dari sistem pengolahan air minum, yaitu=

a. Persyaratan Kualitatif

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Terdapat 4 syarat, yaitu=

1. Syarat Fisik

Air minum harus jernih, tidak berwarna, berbau, dan berasa.

2. Syarat Kimia

Air minum tidak boleh mengandung pH yang tinggi, zat organik, dan anorganik,serta kadar mineral harus seimbang.

3. Syarat Bakteriologis atau Mikrobiologis

Air minum tidak boleh mengandung bakteri patogen dan parasit.

4. Syarat Radiologis

Air minum tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan yang mengandung radioaktif.

b. Persyaratan Kuantitatif

Penyediaan air ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Air baku dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah penduduk yang akan dilayani.

c. Persyaratan Kontinuitas

Air diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan (Mananoma, 2016).

2.2 Standar Kualitas Air Minum

Standarisasi kualitas air minum ditujukan untuk kehidupan manusia, tidak merugikan kesehatan dan dapat diterima secara estetika serta tidak merusak fasilitas penyediaan air bersih itu sendiri. Agar kualitas air yang dikonsumsi memenuhi syarat kesehatan, Menteri Kesehatan membuat perintah berupa persyaratan kualitas air minum dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 907/Menkes/Per/IX/2002.

Standar air minum merupakan angka-angka batasan pada beberapa parameter air yang menjadi acuan bagi para praktisi dalam mengolah dan membagikan air minum. Air minum yang merupakan air olahan harus memenuhi syarat baku tertentu agar masyarakat dapat menggunakannya secara langsung. Persyaratan tertentu tertuang dalam Peraturan Menteri

Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010. Standar air minum dapat bervariasi dari satu negara ke negara lain, tergantung pada penggunaan masing-masing negara. Namun secara umum masyarakat internasional menggunakan standar air minum World Health Organization (WHO) sebagai acuan.

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Persyaratan Kualitas Air Minum

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1.	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1. Escherichia Coli	Jumlah/100 mL	0
	2. Total Bakteri Coliform	Jumlah/100 mL	0
	b. Kimia Anorganik		
	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	3,0
	6. Nitrat (sebagai NO ₃)	mg/L	50
	7. Sianida	mg/L	0,07
	8. Selenium	mg/L	0,1
2.	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1. Bau		tak berbau
	2. Warna	TCU	15
	3. Total Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	500
	4. Kekeruhan	NTU	5
	5. Rasa		tak berasa
	6. Suhu	°C	Suhu udara + 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1. Alumunium	mg/L	0,2
	2. Besi	mg/L	0,3
	3. Kesadahan	mg/L	500

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
	4. Khlorida	mg/L	5,0
	5. Mangan	mg/L	0,4
	6. pH		6,5 - 8,5
	7. Seng	mg/L	3,0
	8. Sulfat	mg/L	250
	9. Tembaga	mg/L	2,0
	10. Amonia	mg/L	1,5

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 tanggal 14 Desember tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, maka klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 golongan, yaitu=

a. Golongan I (satu)

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

b. Golongan II (dua)

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

c. Golongan III (tiga)

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

d. Golongan IV (empat)

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.3 Parameter yang Terkandung dalam Air Baku

Menentukan kualitas air dapat dilihat dari kandungannya. Beberapa parameter dapat digunakan untuk menentukan kadar air=

1. Parameter Fisik

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

a. Bau

Masyarakat tidak menyukai air minum yang tidak hanya berbau tidak sedap. Bau air dapat menunjukkan kualitas air. Misalnya, bau amis bisa disebabkan oleh alga (Effendi, 2003).

b. Rasa

Air minum pada umumnya tidak memberikan rasa/ tawar. Air yang berasa dapat memberikan petunjuk bahwa didalamnya terkandung zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa logam/ amis, rasa pahit, asin, dan sebagainya. Efek yang diakibatkan pun berbeda-beda tergantung pada penyebab timbulnya rasa tersebut (Effendi, 2003).

c. Suhu

Suhu air harus sejuk atau tidak panas, terutama karena= Bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan tidak larut dalam saluran/pipa. Mencegah reaksi biokimia dalam saluran/pipa. Mikroorganisme patogen tidak mudah bereproduksi, dan konsumsi dapat menghilangkan dahaga (Effendi, 2003).

d. Kekeruhan

Kekeruhan adalah standar yang mengukur efek cahaya dalam satuan skala NTU (nephelometrix turbidity unit). Kekeruhan disebabkan oleh adanya campuran benda-benda di dalam air. Kekeruhan juga dapat disebabkan oleh kandungan TSS, baik organik maupun anorganik (Permenkes RI, 2010). Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi 5 NTU. Pengurangan kekeruhan diperlukan karena selain tidak menarik secara estetika, air keruh sangat sulit untuk didesinfeksi. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid yang dapat melindungi organisme terhadap desinfektan yang diberikan (Tri Joko, 2010).

e. *Total Suspended Solid* (TSS)

Padatan tersuspensi total adalah padatan tersuspensi dalam air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring menggunakan kertas Millipore dengan ukuran pori 0,45 μm . Benda terapung

berdampak buruk pada kualitas air dengan menghambat penetrasi matahari ke badan air dan meningkatkan kekeruhan air dengan mengganggu pertumbuhan biologis (Samantha dan Almalik, 2019).

2. Parameter Kimiawi

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

a. pH (Derajat Keasaman)

Nilai pH (Power of Hydrogen) menunjukkan konsentrasi ion hidrogen dalam air, yang dapat menjelaskan tingkat keasaman air (Effendi, 2003). Kisaran pH optimal bagi organisme untuk bertahan hidup secara optimal adalah antara 6 dan 9. Air dengan nilai pH ekstrim sulit diolah secara biologis.

Air secara alami akan mengubah pH jika pH tidak diolah sebelum mengalir. pH dapat diukur dengan menggunakan pH meter dan kertas pH, dengan indikator warna pH digunakan sebagai patokan (Metcalf and Eddy, 2003).

b. *Dissolved Oxygen* (DO)

Oksigen terlarut (DO) adalah jumlah oksigen terlarut dalam air akibat fotosintesis dan penyerapan ke atmosfer atau udara. DO dalam badan air memainkan peran yang sangat penting dalam memberi makan organisme air. Penentuan kualitas air suatu badan air dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia seperti DO. Semakin banyak DO, semakin baik kualitas airnya. Jika kadar oksigen terlarut terlalu rendah, akan terjadi dekomposisi anaerobik, menghasilkan bau yang tidak sedap (Salmin, 2005).

c. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida 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).

d. *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 pengujian BOD. Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

e. Amonia (NH_3)

Ammonia merupakan hasil penguraian bahan organik oleh bakteri pengurai. Amonia ada dalam air sebagai amonia total, yang terdiri dari amonia bebas (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+). Pada suhu dan tekanan normal, amonia ada dalam keadaan gas dan membentuk kesetimbangan dengan ion amonium. Selain sebagai gas, amonia membentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Amonia juga dapat diserap oleh padatan tersuspensi atau bahan koloid dan mengendap di dasar air. Keseimbangan antara kedua bentuk amonia di atas tergantung pada kondisi pH dan suhu air (Midlen dan Redding, 2000).

Mekanisme removal amonia biasanya melalui proses pengolahan limbah cair dengan sistem biofilter dapat dilakukan secara aerobik, anaerobik atau gabungan proses anaerob-aerob. Proses aerobik dilakukan dalam kondisi adanya oksigen terlarut di dalam reaktor air limbah, dan proses anaerobik dilakukan tanpa adanya oksigen dalam reaktor air limbah. Amonia di alam akan dioksidasi menjadi bentuk nitrit (NO_2^-) dan kemudian menjadi nitrat (NO_3^-) yang dilakukan oleh dua macam bakteri autotrof melalui proses yang disebut nitrifikasi. Senyawa nitrit merupakan bahan peralihan yang terjadi pada siklus biologi. Senyawa ini dihasilkan dari suatu proses oksidasi biokimia ammonium, tetapi sifatnya tidak stabil karena pada kondisi

aerobik, selama nitrit terbentuk, dengan cepat nitrit dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri nitrobacter. Sedangkan pada kondisi anaerobik atau pada proses dinitrifikasi, nitrat dapat direduksi menjadi nitrit yang selanjutnya hasil reduksi tersebut dilepaskan sebagai gas nitrogen ($\text{NO}_3^- \Rightarrow \text{N}_2$) (Marsidi, 2002).

Selain itu, Kombinasi proses aerob-anaerob juga dapat menghilangkan BOD/COD secara bersamaan dengan baik. Selama berada pada kondisi aerob, senyawa terlarut akan diambil oleh bakteri/mikroorganisme dan disintesis menjadi polifosfat dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa BOD/COD. Energi yang dihasilkan digunakan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang ada dalam air limbah (Satria, dkk. 2019).

f. Besi (Fe) dan Mangan (Mn)

Besi merupakan salah satu unsur terpenting dalam air permukaan dan air tanah. Air yang kaya zat besi, pada konsentrasi di atas sekitar 0,31 mg per hari, dapat menyebabkan karat pada pakaian, porselen, dan peralatan lainnya, serta menyebabkan rasa yang tidak enak dan perubahan warna menjadi coklat pada air minum. Sangat tidak diinginkan untuk digunakan di rumah. l.

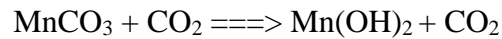
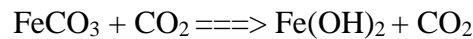
Mangan merupakan unsur yang melimpah di kerak bumi (sekitar 0,1%) dan terjadi secara alami. Mangan adalah logam keras dan sangat rapuh. Tidak larut tetapi mudah teroksidasi. Mangan bersifat reaktif dalam keadaan murni karena serbuknya terbakar dalam oksigen, bereaksi dengan air, dan larut dalam asam encer (Rahayu et al., 2020).

Di dalam proses penghilangan besi dan mangan dengan cara Aerasi, adanya kandungan alkalinity, (HCO_3^-) yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa besi atau mangan berada dalam bentuk senyawa ferro bikarbonat, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ atau mangano bikarbonat, $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$. Oleh karena bentuk CO_2 bebas lebih stabil daripada (HCO_3^-) , maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat.

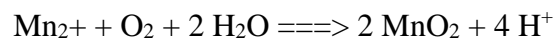
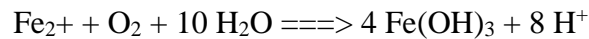


Dari reaksi tersebut dapat dilihat, jika CO_2 berkurang, maka

kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya reaksi akan menjadi sebagai berikut =



Baik hidroksida besi (valensi 2) maupun hidroksida mangan (valensi 2) masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi (ion) sebagai berikut =



Sesuai dengan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,14 mg/l oksigen dan setiap 1 mg/l mangan dibutuhkan 0,29 mg/l. Pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi besi dengan oksigen (udara) relatif lambat, sehingga pada prakteknya untuk mempercepat reaksi dilakukan dengan cara menaikkan pH air yang akan diolah. Untuk aerator dengan diffuser dilakukan dengan cara menyemburkan udara bertekanan ke dalam air melalui diffuser yang berbentuk nozzle, pipa berlubang, atau diffuser gelembung halus. Dengan cara demikian maka akan terjadi kontak yang efektif antara oksigen atau udara dengan zat besi atau mangan yang ada di dalam air sehingga terjadi reaksi oksidasi zat besi atau mangan membentuk oksida yang tak larut dalam air (Said, 2005).

g. Minyak Lemak

Minyak dan Lemak adalah salah satu kelompok yang termasuk golongan lipid yaitu senyawa organik yang terdapat di alam serta tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik non-polar, contohnya dietil eter, kloroform dan hidrokarbon lainnya. Lemak dan Minyak dapat larut dalam pelarut yang disebut di atas karena lemak dan minyak mempunyai polaritas yang sama dengan pelarut tersebut (Herlina, 2009).

3. Parameter Biologi

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

a. Total Coliform

Total coliform adalah kelompok bakteri yang meliputi aerob dan anaerob fakultatif, yang merupakan bakteri Gram-negatif. Sebagian besar total coliform bersifat heterotrofik dan dapat bertambah banyak di air dan tanah. Total coliform juga dapat bertahan dan berkembang biak dalam sistem distribusi air, terutama jika kondisinya menguntungkan. Adanya total coliform dapat berasal dari kotoran manusia atau hewan dan juga dapat terjadi secara alami di dalam air, hal tersebut hanya sebagai indikator kemungkinan adanya mikroorganisme lain di dalam air (Asyina et al, 2019).

2.4 Pemilihan Lokasi Bangunan Air Minum

Lokasi instalasi pengolahan air minum ditentukan berdasarkan jarak dari intake, rencana dasar bangunan yang akan dibangun, pengaruh terhadap lingkungan dan metode pendistribusian yang direncanakan. Penentuan lokasi bangunan yang akan diselesaikan merupakan salah satu hal terpenting dalam perancangan bangunan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi, seperti=

- a. Lokasi geografis;
- b. Biaya konstruksi;
- c. Ketersediaan dari sumber tenaga dan fasilitas penunjang lainnya;
- d. Diusahakan cukup dekat dengan sumber air dan konsumen sehingga dapat menghemat biaya distribusi, perpipaan transmisi, dsb;
- e. Keamanan operasi dan instalasi sebagai bangunan vital terhadap kemungkinan gangguan dari luar;
- f. Transport menuju instalasi, demi lancarnya pengangkutan bahan-bahan kimia dan tenaga operator;
- g. Jika distribusi air secara gravitasi dan tanpa menggunakan menara air, maka ketinggian lokasi instalasi harus cukup;
- h. Kondisi geologis (kondisi tanah) perlu diperhatikan bagaimana membangun pondasi yang kokoh dan sesuai dengan karakteristik tanah yang ada; dan
- i. Kemungkinan perluasan di masa yang akan datang, tanah yang tersedia harus cukup luas sehingga masih memungkinkan untuk dilakukan pengembangan atau perluasan dikemudian hari.

2.5 Tata Letak Bangunan Pengolahan

Pada instalasi pengolahan air minum, rencana dasar bangunan pengolahan harus direncanakan sebaik mungkin. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang instalasi pengolahan air minum adalah=

1. Disesuaikan dengan urutan proses pengolahan atau sesuai dengan diagram alir
2. Disesuaikan dengan tipe desain, misalnya dengan memperhatikan besar nilai debit dan keuntungan dan kerugian dalam tata letak bangunan
3. Harus memudahkan dalam pengoperasiannya, misalnya=
 - Letak bangunan yang memerlukan bahan kimia harus berdekatan dengan tempat menyiapkan larutan atau bahan kimia tersebut.
 - Letak bagian – bagian yang perlu mendapatkan pengawasan jaraknya sekecil mungkin, agar mudah dalam pengawasan operator.
 - Perlu disediakan laboratorium untuk pengujian kualitas air setelah melewati bangunan pengolahan, dimana jarak laboratorium cukup dekat dengan tempat pengambilan contoh yang diperiksa secara berkala.
 - Adanya tempat untuk mengontrol peralatan (ruang perpipaan, ruang kontrol, rumah pompa, dan lain-lain).
 - Ada jarak yang cukup antara bangunan sehingga memudahkan petugas untuk berlalu lalang atau cukup lapang apabila diperlukan perbaikan, dan sebagainya.

2.6 Bangunan Pengolahan Air Minum

Secara umum, pengolahan air minum secara lengkap dapat dibagi menjadi tiga tahap pengolahan, yaitu tahap pendahuluan/pertama (pretreatment/primary), tahap kedua (secondary treatment), dan lanjutan (advanced treatment). Pembagian tahapan pengolahan ini didasarkan pada konsep pengolahan berdasar pada dimensi polutan. Pengolahan tahap pendahuluan ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi besar seperti sampah (plastik, kertas, kayu, bangkai, dll), lumpur, kasar (grit), dan partikel diskret. Jenis pengolahan pada pengolahan pada tahap pendahuluan ini didominasi oleh proses fisik, seperti penyaringan kasar (screening), pencacahan (comminution), penyisihan grit, prasedimentasi, dan sebagainya (Ali Masduqi, 2012). Pengolahan tahap kedua ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi lebih kecil yang lebih sulit dihilangkan dengan cara fisik, misal partikel yang membentuk koloid ini dapat diendapkan setelah mengalami proses penggabungan partikel. Proses fisik-kimia untuk

menghilangkan partikel jenis ini adalah koagulasi – flokulasi – sedimentasi – filtrasi (Ali Masduqi, 2012).

2.6.1 Saluran Pembawa (*Intake*)

Bangunan ini berfungsi sebagai penyadap air baku, Bangunan ini dilengkapi dengan Screen, agar dapat melindungi perpipaan dan pompa dari kerusakan atau penyumbatan – penyumbatan yang diakibatkan oleh adanya material melayang atau mengapung.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang penyelenggaraan pengembangan sistem distribusi air minum meliputi bangunan penampung air atau tempat masuknya air ke sungai, danau atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan air maksimum. Berikut merupakan persyaratan penempatan lokasi bangunan pengambilan (*intake*)=

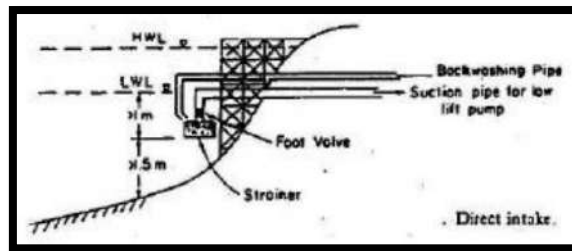
1. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (seperti longsor dan lain-lain);
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa, dan gaya angkat air (*up-lift*).
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian=
6. Dimensi *inlet* dan *outlet* dan letaknya harus memperhatikan 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;

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



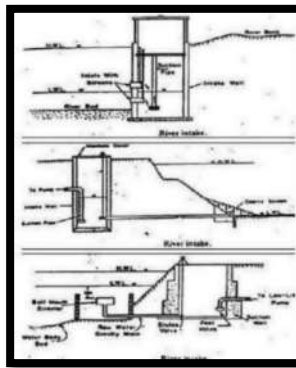
Gambar 2. 1 *Direct Intake*

(Sumber= Kawamura, 1991)

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

a. River Intake

Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Jenis ini dinilai lebih ekonomis untuk sumber air dari sungai yang memiliki perbedaan ketinggian muka air di musim yang berbeda=

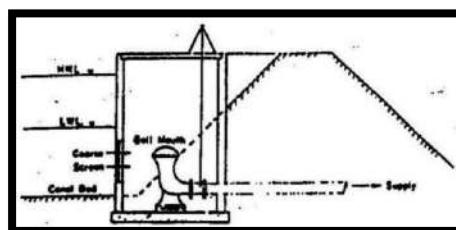


Gambar 2. 2 *River Intake*

(Sumber= Kawamura, 1991)

b. Canal Intake

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

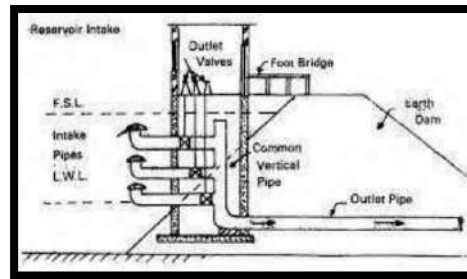


Gambar 2. 3 *Canal Intake*

(Sumber= Kawamura, 1991)

c. Reservoir Intake

Untuk air yang berasal dari DAM/bendungan/waduk, dengan menggunakan menara *intake* yang dibuat terpisah dengan DAM/bendungan/waduk dan diletakkan pada bagian hulu, inlet diletakkan pada beberapa titik menara untuk mengatasi perubahan ketinggian permukaan air.

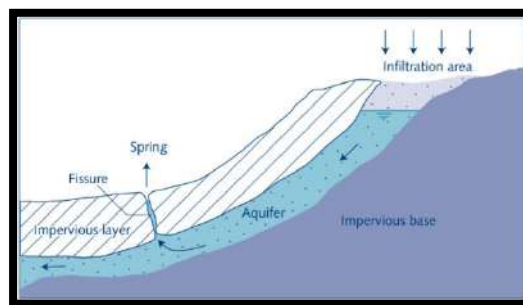


Gambar 2. 4 Reservoir Intake

(Sumber=Kawamura, 1991)

d. Spring Intake

Digunakan untuk air baku dari mata air atau air tanah

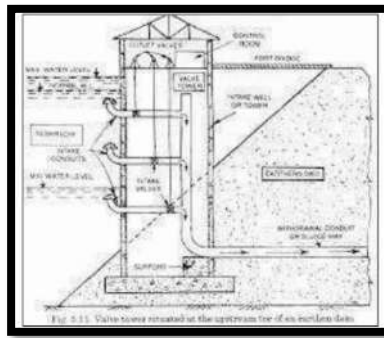


Gambar 2. 5 Spring Intake

(Sumber= <https://sswm.info/es/arctic-wash/module-4-technology/further-resources-water-sources/springs>)

e. Intake Tower

Digunakan untuk air permukaan.

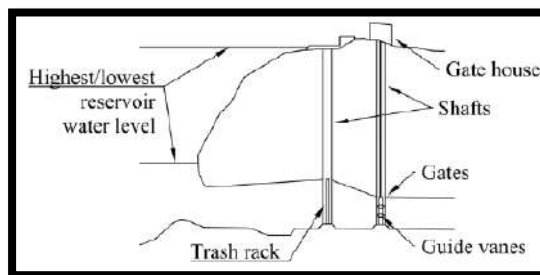


Gambar 2. 6 Intake Tower

(Sumber= <https://www.gla.ac.in/pdf/intake-for-water-collection.pdf>)

f. Gate Intake

Gate Intake berfungsi sebagai screen dan sebagai pintu air pada prasedimentasi.



Gambar 2. 7 Gate Intake

(Sumber= https://www.researchgate.net/figure/Schematic-side-view-of-the-intake-gates-at-Homstol-reservoir_fig3_284727515)

Rumus yang dapat digunakan dalam perhitungan *intake* dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut=

1. Mencari debit tiap *intake*

$$Q = \frac{Q \text{ kapasitas Produksi}}{\Sigma \text{ pipa}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan=

- Q = debit (m³/s)
- Σ pipa = jumlah pipa *intake*

2. Mencari luas penampang *intake*

$$Q = \frac{Q \text{ Pipa Intake}}{v} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan=A = luas penampang (m²)Q = debit (m³/s)

v = kecepatan (m/s)

3. Mencari diameter *intake*

$$Q = \left(\frac{4xA}{\pi}\right) 0,5 \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan=

D = diameter pipa (m)

A = luas penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan (v)

$$v = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan=

v = kecepatan (m/s)

Q = debit (m³/s)A = luas penampang (m²)5. *Head Loss* mayor sepanjang pipa

$$H_f = \frac{10,67xQ^{1,85}}{C^{1,85}xD^{4,87}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan=H_f = headloss mayor (m)Q = debit (m³/s)

L = panjang pipa (m)

C = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (m)

Tabel 2. 2 Koefisien Kekasaran *Pipa Haen-Williams*

Jenis Pipa	Nilai Kekasaran Pipa (C)
<i>Extremely smooth and straight pipes</i>	140
<i>New Steel or Cast Iron</i>	130
<i>Wood, Concrete</i>	120
<i>New Riveted Steel; vitrified</i>	110
<i>Old Cast Iron</i>	100
<i>Very Old and Corroded Cast Iron</i>	80

(Sumber= (Jack B. Evett, 1987))

6. *Head Losses* minor (H_m)

$$H_m = \frac{kxv^2}{2g} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan=

- H_m = minor losses (m)
- k = koefisien kehilangan energi
- v = kecepatan (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m^2/s)

Tabel 2. 3 Nilai K untuk Kehilangan Energi

<i>Valve, Fittings, and Specials</i>	<i>K Value</i>
<i>Entrance, suction bell (32 in) 81 cm</i>	0,004
<i>90⁰ elbow (24 in) 61 cm</i>	0,3
<i>Gate valve (24 in) 61 cm</i>	0,19
<i>Reducer (14 in) 35,5 cm</i>	0,25
<i>Check valve (20 in) 51 cm</i>	2,5
<i>90⁰ elbow (20 in) 51 cm</i>	0,3
<i>Gate valve (20 in) 51 cm</i>	0,19
<i>Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm</i>	1,8

(Sumber= (Qasim, 2017))

7. Mencari slope pipa

$$S = \frac{H_f}{L} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan=

- S = slope pipa (m/m)
- H_f = head losses (m)
- L = panjang pipa (m/m)

8. Jumlah kisi pada *bar screen* (n)

$$D = n \times d \times (n + 1) \times r \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan=

- n = jumlah kisi
- d = lebar batang kisi (m)

- r = jarak antar kisi (m)
- D = lebar screen (m)

9. Mencari *velocity head* (hv)

$$hv = \frac{vc^2}{2g} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan =

- hv = velocity head
- v = kecepatan (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m²/s)

10. *Headloss* melalui *screen* (Hf_{screen})

$$Hf_{screen} = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^4 \times hv \times \sin \alpha \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan=

- β = koefisien minor losses (m)
- w = lebar bar (cm)
- b = jarak antar bar (cm)

Tabel 2. 4 Faktor Minor Losses Bar

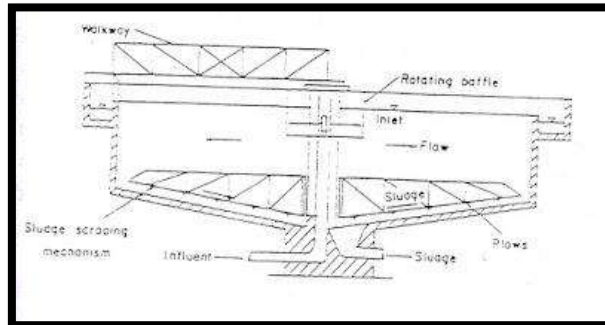
Bentuk Bar	Nilai Minor Losses Q
<i>Shape edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	1,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular up stream and down stream face</i>	1,67
<i>Tear shape</i>	0,76

(Sumber= (Qasim, 2017)

2.6.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi pada umumnya 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 sering digunakan adalah *rectangular* dan *circular* serta terdiri dari empat zona, yaitu zonainlet,

zona pengendapan, zona outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah *overflow rate*, horizontal (vh), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996).

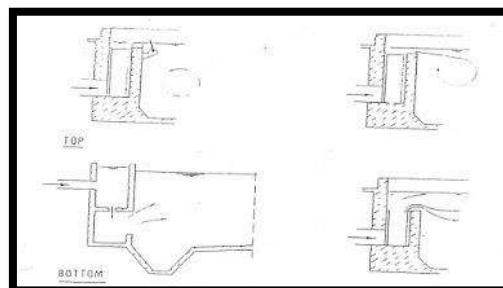


Gambar 2. 8 Bak Sedimentasi Bentuk Lingkaran Aliran Horizontal
(Sumber=<http://caracararaaa.blogspot.com/2015/09/makalah-pam-sedimentasi.html>)

Bak pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangan yaitu=

1. Zona Inlet (Tempat air masuk ke dalam bak)

Zona inlet mendistribusikan aliran air secara merata pada bak sedimentasi dan menyebarkan kecepatan aliran yang baru masuk. Jika dua fungsi ini dicapai, karakteristik aliran hidrolis dari bak akan lebih mendekati kondisi bak ideal dan menghasilkan efisiensi yang lebih baik. Zona influen didesain secara berbeda untuk kolam rectangular dan circular. Khusus dalam pengolahan air, bak sedimentasi rectangular dibangun menjadi satu dengan bak flokulasi. Sebuah baffle atau dinding memisahkan dua kolam dan sekaligus sebagai inlet bak sedimentasi. Desain dinding pemisah sangat penting, karena kemampuan bak sedimentasi tergantung pada kualitas flok



Gambar 2. 9 Kontruksi Inlet Kolam Pengendapan
(Sumber=<http://caracararaaa.blogspot.com/2015/09/makalah-pam-sedimentasi.html>)

2. Zona Pengendapan (Tempat flok/partikel mengalami proses pengendapan)

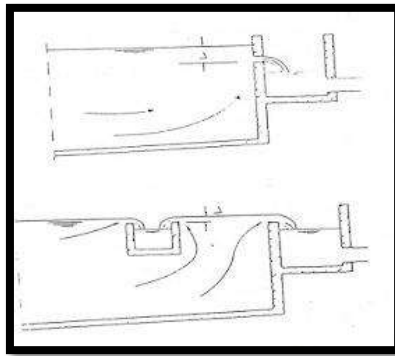
Dalam zona ini, air mengalir pelan secara horizontal ke arah outlet, dalam zona ini terjadi proses pengendapan. Lintasan partikel tergantung pada besarnya kecepatan pengendapan.

3. Zona Lumpur (Tempat lumpur mengumpul sebelum diambil ke luar bak)

Dalam zona ini, lumpur terakumulasi. Sekali lumpur masuk area ini, ia akan tetap disana. Kadang dilengkapi dengan sludge collector/scrapper.

4. Zona Outlet

Tempat menghaluskan aliran transisi, dari zona settling ke aliran effluen, serta mengatur debit effluen (Qasim, 2017).



Gambar 2. 10 Outlet Kolam Pengendapan

(Sumber=<http://caracararaaa.blogspot.com/2015/09/makalah-pam-sedimentasi.html>)

Menurut Metcalf & Eddy (2003), ada kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain= detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading.

Tabel 2. 5 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 tank flowed 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 ² .d	10000 – 40000	20000	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 ² .d	10000 – 40000	20000	m ³ /m ² .d	125 – 500	250

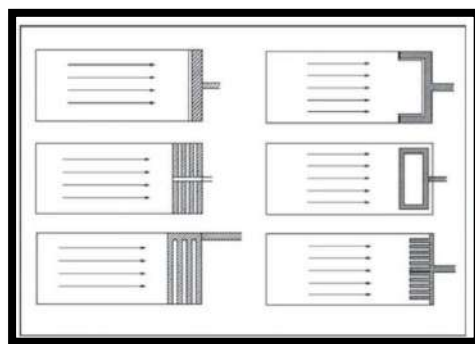
(Sumber= Metcalf & Edyy, 2003, page 398)

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

Tabel 2. 6 Ragam *Weir Loading Rate* dari Berbagai Sumber

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

Berdasarkan kriteria desain dari berbagai sumber tentang weir loading rate di atas, dapat dilihat bahwa jika pada bak density current, weir loading rate diharapkan tidak terlalu besar karena 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 tinggi 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 2.11



Gambar 2. 11 Ragam Susunan Pelimpah pada Outlet

(Sumber= Qasim et all, 2000)

2.6.3 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air keudara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Perpindahan gas dari atmosfer ke air (penambahan oksigen terlarut) akan meningkatkan oksidasi besi, mangan, dan logam lain ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan lebih tidak larut. Endapan ini akan menjadi dibuang di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

Sumber lain menjelaskan aerasi sebagai proses atau upaya untuk meningkatkan konsentrasi oksigen dalam air limbah agar proses oksidasi biologis mikroba dapat berfungsi dengan baik, memerlukan penggunaan alat yang disebut aerator. Prinsip kerja alat ini adalah menambahkan oksigen terlarut ke dalam air. Kemudian tugas utama dari aerator ini adalah menambah luas kontak antara air dan udara. Tujuan aerasi adalah sebagai berikut=

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO_2)
3. Menghilangkan *hydrogen sulfide* (H_2S), *methan* (CH_4) dan berbagai/senyawa organik lain yang bersifat *volatile* (menguap)

Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada di dalam air yang berguna dalam pengolahan air. Terjadi kontak antara air dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$, hal tersebut juga berlaku pada logam lain. Selain itu aerasi juga meningkatkan produksi oksigen ditandai dengan penurunan parameter organik dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Berikut reaksi kimia yang terjadi pada besi saat aerasi berlangsung

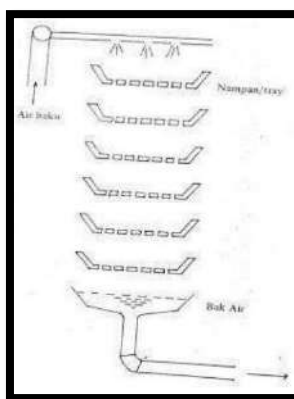
(Istihara, 2019)=



Dalam jurnal Eko dkk. (2018), pengujian COD dengan air pencuci setelah aerasi menunjukkan penurunan nilai COD. Penurunan nilai COD disebabkan oleh penyerapan oksigen tambahan dalam sampel limbah, yang menyebabkan proses oksidasi mikroba dan pengurangan senyawa organik dalam sampel limbah. Di sisi lain, mirip dengan uji coba BOD, terlihat penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan penyerapan oksigen dalam air limbah, yang mengarah pada peningkatan laju dekomposisi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi organisme yang baik.. Berikut merupakan jenis-jenis metode aerasi=

1. *Waterfall Aerator* (Aerasi Air Terjun)

Pengolahan air aerasi dengan metoda *waterfall/multiple aerator* seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil.



Gambar 2. 12 *Waterfall Aerator*

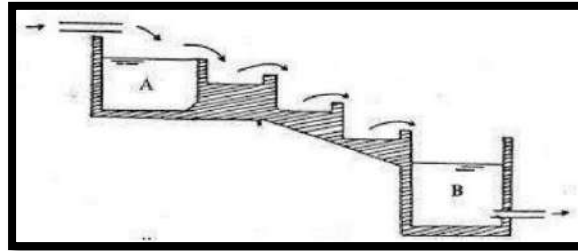
(Sumber= <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

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

2. *Cascade Aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira

ketinggiannya 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan $0,01 \text{ m}^3 / \text{det per m}^2$. Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerators, ruang yang diperlukan bagi cascade aerators lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



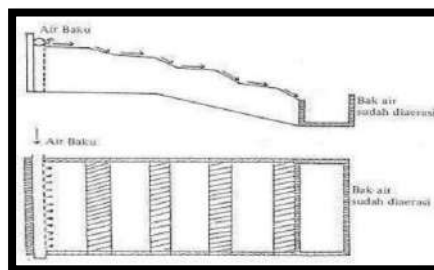
Gambar 2. 13 *Cascade Aerator*

(Sumber= <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

Keterangan= A = air baku
 B = air sudah diaerasi

3. *Submerged Cascade Aerator*

Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh + 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara $0,005$ dan $0,5 \text{ m}^3 / \text{det per m}^2$.

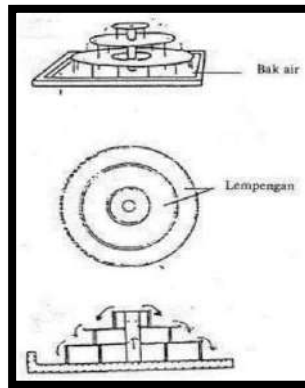


Gambar 2. 14 *Submerged Cascade Aerator*

(Sumber= <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

4. *Multiple Platform Aerator*

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

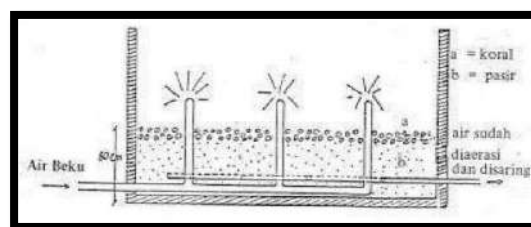


Gambar 2. 15 *Multiple Platform Aerator*

(Sumber= <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

5. *Spray Aerator*

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (*stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. *Spray aerator* sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15-20 mm. Piringan melingkar ditempatkan beberapa sentimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nozzel untuk *spray aerator* bentuknya bermacam-macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar.



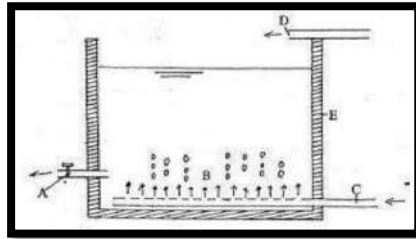
Gambar 2. 16 *Spray Aerator*

(Sumber= <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

6. *Bubble Aerator* (Aerasi Gelembung Udara)

Jumlah udara yang diperlukan untuk *bubble aerator* (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3-0,5 m³ udara/m³ air dan volume ini dengan

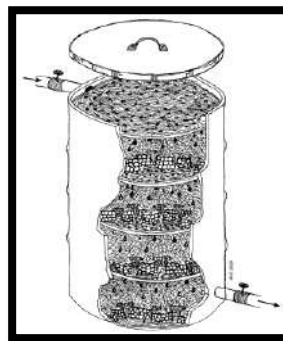
mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



Gambar 2. 17 Bubble Aerator

(Sumber= <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

7. *Multiple-Tray Aerator*



Gambar 2. 18 *Multiple-Tray Aerator*

(Sumber= https://www.researchgate.net/figure/Multiple-tray-aerator_fig19_253953119)

Multiple Tray Aerator terdiri dari beberapa tray yang disusun sebagai grid (tray) dengan lubang di bagian bawahnya. Air mengalir dari atas berupa air terjun kecil, yang kemudian didistribusikan secara merata pada setiap bedding (platform) dan kemudian ditampung dalam bak yang berada di bawah (collection basin). Pemerataan air di atas bejana sangat penting untuk efisiensi transfer gas yang maksimal. Penggunaan bahan baku seperti arang, batu, atau bola keramik dengan ukuran mulai dari 2 hingga 6 inci (5 hingga 15 cm) sangat penting karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas sebagai katalis oksida mangan.

Multiple Tray Aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan dimana terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi kontaminasi

dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur tertentu yang ingin dihilangkan. Secara garis besar, desain dan karakteristik operasional aerator dapat digolongkan menjadi beberapa macam (Qasim, 2000) sebagai berikut=

Tabel 2. 7 Desain dan Karakteristik Operasional Aerasi

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
<i>Aerator Gravitasi Cascade</i>	20-45% CO ₂	Tinggi= 1-3 m Luas= 85-105 m ² /m ² .det Kecepatan aliran= 0,3 m/det
<i>Packing Tower</i>	> 95% VOC 90% CO ₂	Diameter kolom maksimum= 3 m Beban hidrolik= 2000 m ³ /m ² .hari
<i>Tray</i>	> 90% CO ₂	Kecepatan= 0,8-1,5 m ³ /m ² .menit Kebutuhan udara= 7,5 m ³ /m ³ air Jarak rak (<i>tray</i>)= 30-75 cm Luas= 50-160 m ² /m ³ .det
<i>Spray Aerator</i>	79-90% CO ₂ 25-40% H ₂ S	Tinggi= 1,2-9 m Diameter nozzle= 2,5-4 cm Jarak nozzle= 0,6-3,6 m Debit nozzle= 5-10 L/det
<i>Aerator Berdifusi</i>	80% VOC _s	Luas bak= 105-320 m ² /m ³ .det Tekanan semprotan= 70 kPa Waktu detensi= 10-30 menit Udara= 0,7-1,1 m ³ /m ² air Kedalaman= 2,7-4,5 m Lebar= 3-9 m Lebar/kedalaman < 2 Volume maksimum= 150 m ³ Diameter lubang diffuser= 2-5 mm
<i>Aerator mekanik</i>	70-90% CO ₂ 25-40% H ₂ S	Waktu detensi= 10-30 menit Kedalaman tangki= 2-4 m

(Sumber= Qasim, 2000)

2.6.4 Koagulasi Flokulasi

Koagulasi-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 (Wang dkk, 2016).

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Mayasari, 2018).

Tabel 2. 8 Jenis Koagulan dalam Pengolahan Air

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
<i>Alumunium Sulfat</i>	$Al_2(SO_4)_3 \cdot x H_2O$ X = 14, 16, 18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
<i>Sodium Aluminat</i>	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
<i>Poly Aluminium Chloride (PAC)</i>	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, Bubuk	Asam	6,0 – 7,8
<i>Ferri Sulfat</i>	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4 – 9
<i>Ferri Klorida</i>	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
<i>Ferro Sulfat</i>	$FeSO_4 \cdot 7 H_2O$	Kristal halus	Asam	> 8,5

(Sumber= Sugiarto, 2006)

Tabel 2. 9 Karakteristik Koagulan

Koagulasi	Pengendapan flok	pH ekstrim	Dosis optimum (kg/jam)		Kadar Al_2O_3 (%)	Kejernihan air olahan
			(kg/jam)	ppm		
Alum	Lebih lambat	Terjadi	14,4	40	> 8.0	Tidak sejernih PAC
PAC	Cepat	Tidak Terjadi	3,6	10	min 30	Jernih

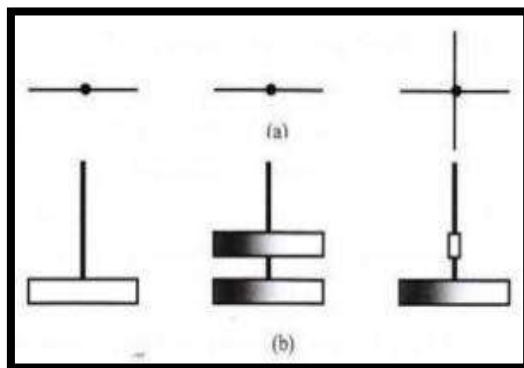
(Sumber= Kep Menkes RI no 907/Menkes/SK/VII/2002)

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. Koagulan memiliki *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. Temperatur rendah akan terjadi reaksi yang lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.
3. Dosis koagulan
4. Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Apabila tidak sesuai, maka kemungkinan tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflokk yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan juga akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.
5. Pengadukan (*mixing*). Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukandengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.
6. Pengaruh garam. Garam tersebut dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992).

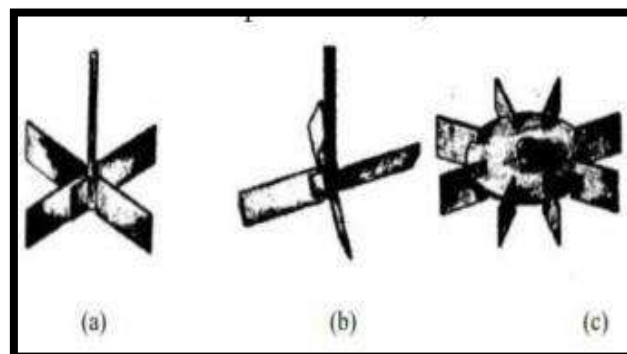
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu= pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, proses pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan

bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (balung-balung). Bentuk ketiga *impeller* dapat dilihat pada gambar 2.19, gambar 2.20, dan gambar 2.21. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.8. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Tabel 2.9 dapat dijadikan acuan untuk menentukan G dan td . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperlihatkan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT yang dapat dilihat pada tabel 2.10.



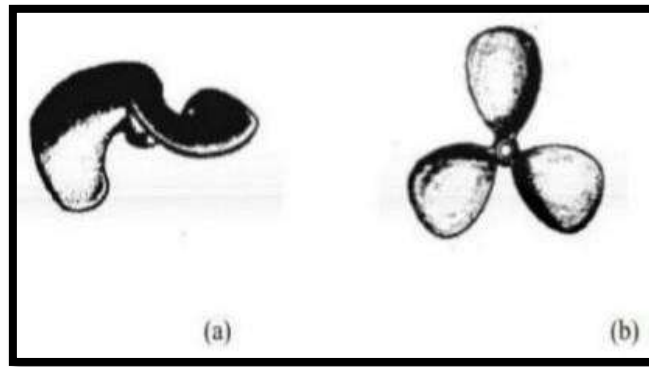
Gambar 2. 19 Tipe *Paddle*= (a) Tampak Atas; (b) Tampak Samping

(Sumber= <https://slidetodoc.com/unit-pengadukan-ali-masduqi-masduqiits-ac-id-unit/>)



Gambar 2. 20 Tipe *Impeller*= (a) *Paddle*; (b) *Propeller*; (c) *Turbin*

(Sumber= Qasim, 2000)



Gambar 2. 21 Tipe Propeller= (a) 2 blade; (b) 3 blade
(Sumber= Qasim, 2000)

Tabel 2. 10 Kriteria *Impeller*

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

(Sumber= Reynolds & Richards, 1996 Hal.185)

Tabel 2. 11 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan (detik ⁻¹)
20	1000
30	900
40	790
50 \geq	700

(Sumber= Reynolds & Richards, 1996 Hal.184)

Tabel 2. 12 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis <i>Impeller</i>	K _L	K _T
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41	0,32
<i>Propeller, pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60	5,31

Jenis Impeller	K_L	K_T
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70	4,8
<i>Fan turbine, 6 blades at 45°</i>	70	1,65
<i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shrouded turbin, with stator, No. baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat paddles, 2 blades (single paddles), D₁/W₁ = 4</i>	43	2,25
<i>Flat paddles, 2 blades, D₁/W₁ = 6</i>	36,5	1,7
<i>Flat paddles, 2 blades, D₁/W₁ = 8</i>	33	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, D₁/W₁ = 6</i>	49	2,75
<i>Flat paddles, 6 blades, D₁/W₁ = 8</i>	71	3,82

(Sumber= Reynolds & Richards, 1996 Hal.188)

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

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

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

1. Air Sungai
 - Waktu detensi = minimal 20 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
2. Air waduk
 - Waktu detensi = minimal 30 detik

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

(Masduqi & Assomadi, 2012, Hal. 110)

Berikut merupakan rumus perhitungan unit koagulasi – flokulasi=

1. Kebutuhan Koagulan

$$Koagulan = Dosis \times Q \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan =

Koagulan = Kebutuhan koagulan (kg/hari)

Dosis = Dosis koagulan (mg/L)

$Q = \text{Debit limbah (m}^3/\text{s)}$

2. Kadar Kebutuhan Koagulan

$$Kadar Koagulan = C Koagulan \times Koagulan \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan =

Kadar kebutuhan koagulan = kadar koagulan yang dibutuhkan (kg/hari)

C koagulan = kadar koagulan (%)

Koagulan = kebutuhan koagulan (kg/hari) m^3/s)

3. Volume Koagulan

$$V Koagulan = \frac{\text{kadar kebutuhan koagulan}}{\rho koagulan} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan=

V koagulan	= Volume koagulan yang dibutuhkan (L/hari)
Kadar Kebutuhan koagulan	= kadar koagulan yang dibutuhkan (kg/hari)
ρ koagulan	= Densitas koagulan (kg/L)

2.6.5 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan yang menggunakan pemisahan gravitasi untuk memisahkan partikel udara yang terkandung dalam cairan. Proses ini sangat umum digunakan di instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama Sedimentasi di instalasi pengolahan air minum adalah=

1. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
2. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
3. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
4. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

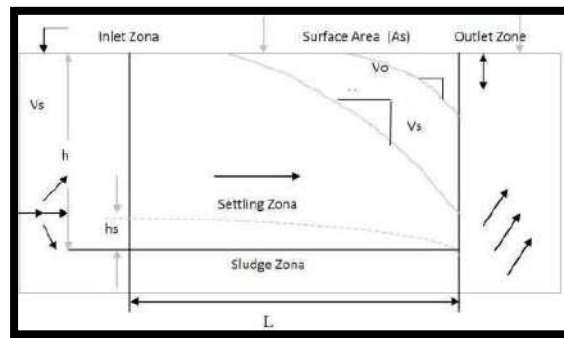
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah=

1. Pengendapan Tipe I (Free Settling)
2. Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling)
3. Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling)
4. 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 dapat digambarkan seperti di bawah ini=



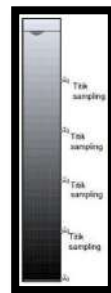
Gambar 2. 22 Zona pada Bak Sedimentasi

(Sumber= AL Layla, *Water Supply Engineering Design*)

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut=

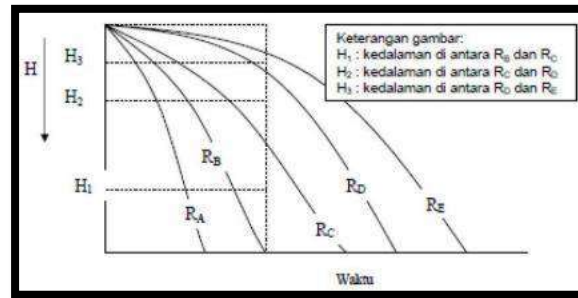
1. Zona Inlet = terjadi distribusi aliran yang menuju zona *settling* ($\pm 25\%$ panjang bak)
2. Zona *Settling* = terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
3. Zona *Sludge* = sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurusan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak
4. Zona *Outlet* = menghasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

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



Gambar 2. 23 Kolom Test Sedimentasi Tipe II

Grafik *isoremoval* dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H_1 , H_2 , H_3 .



Gambar 2. 24 Penentuan Kedalaman H dan Seterusnya

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti pada rumus berikut =

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

Grafik *isoremoval* juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan *surface loading* atau *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 di atas minimal dua kali).
2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai 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 kontinyu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor *scale up*. Untuk waktu detensi, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk *overflow rate*, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 0,65 (Reynold dan Richards, 1996).

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan=

a. *Horizontal - flow Sedimentation*

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan

kekeruhan, laju alir yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona *settling* melalui *baffle*/sekat agar alirannya menjadi laminer. Di zona *settling* partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona *outlet*.

Beberapa keuntungan horizontal-flow dibandingkan dengan up flow adalah=

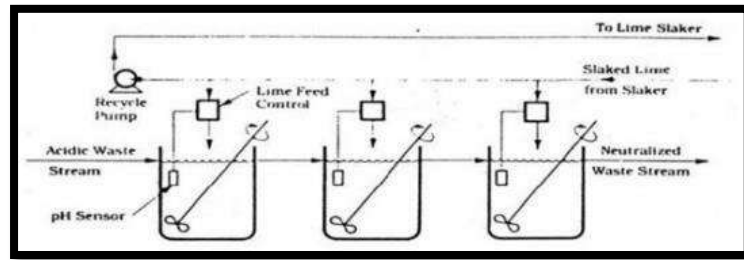
1. Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air
2. Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
3. Biaya konstruksi murah
4. Operasional dan perawatannya mudah

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.

2.6.6 Netralisasi

Air baku dapat bersifat asam atau basa dan harus dibawa ke kondisi optimal atau netral sebelum dikirim ke badan air atau unit pengolahan berikutnya. Suatu larutan disebut asam jika memiliki pH dibawah 7, netral jika memiliki pH 7, dan basa jika memiliki pH di atas 7. Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan keasaman dalam air melalui penambahan dan dosis bahan kimia yang tepat (Metcalf and Eddy et al., 2007). Prinsip pencampuran pada tangki netralisasi adalah sebagai berikut=



Gambar 2. 25 Bak Netralisasi

(Sumber= Metcalf & Eddy et al., 2007)

Adapun agen netralisasi yang bisa digunakan untuk proses netralisasi secara umum beserta klasifikasinya adalah sebagai berikut=

1. Senyawa Basa
 - a. Lime dalam bentuk apapun (Senyawa Basa Kuat)
 - b. Natrium Hidroksida (NaOH) (Senyawa Basa Kuat)
 - c. Magnesium Hidroksida (Mg(OH)₂) (Senyawa Basa Sedang)
 - d. Natrium Karbonat (Na₂CO₃) (Senyawa Basa Lemah)
 - e. Natrium Bikarbonat (NaHCO₃) (Senyawa Basa Lemah)
2. Senyawa Asam
 - a. Asam Sulfat (H₂SO₄) (Senyawa Asam Kuat)
 - b. Karbon Dioksida (CO₂) (Senyawa Asam Lemah)

Dalam proses netralisasi, terdapat dua sistem yang akan digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem-sistem tersebut diantaranya adalah sebagai berikut=

- a. Sistem batch biasa digunakan pada air yang memiliki debit lebih kecil dari 380 m³/hari.
- b. Sistem continue membutuhkan pengaturan tingkat keasaman. Apabila udara diperlukan untuk proses pengadukan, maka aliran udara minimum yang dibutuhkan berkisar antara 1 – 3 ft³/mm.ft² atau 0,3 – 0,9 m³/mm.m² dengan kedalaman 9 ft (2,7 m). Apabila sistem pengadukan dilakukan secara mekanis, maka daya yang dibutuhkan berkisar antara 0,2 – 0,4 hp/ribu.gal (0,04 – 0,08 kW/m³) (W. Eckenfelder, 2000).

2.6.7 Filtrasi

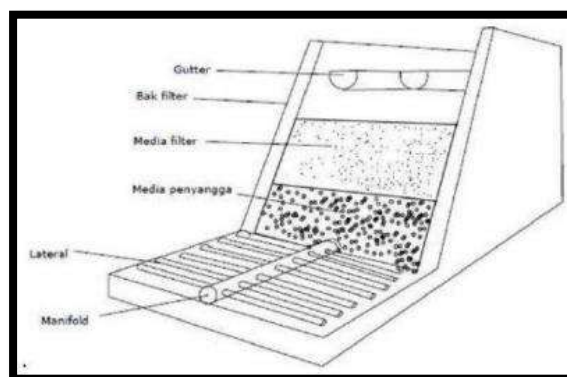
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan koloid dalam air tidak dapat sepenuhnya terendapkan oleh proses sedimentasi saja. Proses filtrasi dapat digunakan untuk lebih menyempurnakan proses untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan koloid

dalam air. Proses penyaringan itu sendiri adalah proses melewatkan air di atas kombinasi pasir dan kerikil untuk menghasilkan air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dihilangkan secara efektif dengan menggunakan metode filtrasi. Selain itu, penyaringan juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kandungan besi, dan kandungan mangan dalam air. Proses penurunan nilai tersebut tidak terlepas dari proses fisika dan kimia yang terjadi pada proses filtrasi itu sendiri. Beberapa faktor yang berkontribusi pada proses pelepasan filter adalah=

1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
2. Proses sedimentasi di dalam filter
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter
4. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
5. Proses koagulasi di dalam filter
6. Proses biologis di dalam filter
7. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

Ukuran partikel yang terlalu kecil (seperti partikel koloid atau bakteri) mudah lepas di lapisan pasir ini sehingga lebih sulit dihilangkan. Di lapisan kerikil, jarak di lapisan kerikil bertindak sebagai area pengendapan padatan tersuspensi. Namun, partikel serpihan yang tidak mengendap sepenuhnya di tangki pengendapan juga dapat mengendap di lapisan kerikil ini.



Gambar 2. 26 Bagian-Bagian Filter

(Sumber= Reynolds/Richards, 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. Penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan

pencucian. Filter dual media menggunakan media pasir kuarsa di lapisan bawah dan antrasit di lapisan atas. Hal ini memberikan keuntungan yakni kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam), periode pencucian lebih lama, dan hemat biaya. Multi media filter biasanya terdiri dari media antrasit, pasir dan garnet atau dolomit (Reynolds, 1992).

Menurut Al-Layla (1978), pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m³ /m² hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m³ /m².hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,450,55 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.

Keuntungan dari penyaringan pasir cepat adalah membutuhkan area yang lebih kecil, membutuhkan lebih sedikit pasir, kurang rentan terhadap perubahan kualitas air baku, dan membutuhkan waktu lebih sedikit daripada penyaringan pasir lambat. Di sisi lain, quick sand filter memiliki kelemahan seperti tidak mampu mereduksi bakteri dalam air, mahal, membutuhkan teknologi khusus, dan menghasilkan lumpur yang banyak. 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).

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=

a. Single media pasir=

$$UC = 1,3-1,7$$

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

b. Dual media=

$$UC = 1,4-1,9$$

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

1. Filter Pasir Cepat

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, 2012=171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 - 11	6 - 11
2	Pencucian= <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50
3	Dasar filter <ol style="list-style-type: none"> a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah <ul style="list-style-type: none"> • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) b. Filter nozel <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozel(mm) 	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5 > 4%	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5 < 4%

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
	<ul style="list-style-type: none"> Presentase luas slot nozel terhadap luasfilter (%) 		

(Sumber= SNI 6774-2008)

2. Filter Pasir Lambat

Saringan pasir lambat atau saringan pasir lambat adalah alat filtrasi lambat dengan kecepatan filtrasi sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Saringan pasir lambat bekerja dengan membentuk lapisan biofilm di atas beberapa milimeter lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogile atau selimut kotoran. Lapisan ini mengandung bakteri, jamur, protozoa, rotifera dan larva serangga air. Penutup kotoran dilapisi untuk pembersihan efektif dengan pengolahan air. Saat air mengalir melalui selimut kotoran, partikel terperangkap dan bahan organik terlarut diserap, diserap dan dicerna oleh bakteri, jamur dan protozoa (Masduqi dan Assomadi, 2012=176).

Tabel 2. 14 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai/Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90 – 110 cm pasir, berkurang 50 – 80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	Effective size 0,25 – 0,3 mm, uniformity coefficient 2 – 3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run	20 – 60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir dipermukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2 – 0,6% dari air tersaring

Kriteria	Nilai/Keterangan
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kecurahan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

(Sumber= Schulz & Okun, 1984)

3. Filter Bertekanan

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

Filter tekanan terdiri dari bejana tertutup, media filter, bahan bantalan, dan sistem underdrain.

Tabel 2. 15 Kriteria Filter Bertekanan

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 – 33
2	Pencucian <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 72 – 198 - - 30 – 50
3	Media pasir <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Single media • Ganda media • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat Jenis (kg/L) • Porositas • Kadar SiO₂ 	300 – 700 600 – 700 300 – 600 - 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)
4	Media antrasit= <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas 	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5
5	Dasar filer nozel= <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozal (mm) • Persentase luas slot nozzel terhadap luasfilter (%) 	< 0,5 > 4%

(Sumber= SNI 6774 – 2008)

4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

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

- a. Penurunan kapasitas produksi
- b. Peningkatan kehilangan energi (*headloss*) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter
- c. Penurunan kualitas produksi

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

2.6.8 Desinfeksi

Salah satu syarat kualitas air minum adalah kualitas air Mikroorganisme, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi adalah proses menghilangkan mikroorganisme patogen dari air minum. Secara umum, ada dua metode desinfeksi, yaitu metode fisik dan metode kimia. Desinfeksi fisik adalah perlakuan fisik mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya menyebabkan kematian mikroorganisme. Metode disinfeksi kimiawi adalah dengan menambahkan bahan kimia ke dalam air, agar zat tersebut bersentuhan dengan mikroorganisme, sehingga mikroorganisme tersebut mati. Desinfeksi kimia menggunakan larutan klorin, klorin dan gas ozon. Sedangkan desinfeksi fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme patogen dalam air,

desinfektan/dekontaminan yang digunakan adalah klorin, brom klorida, klor, yodium, ozon, dan kalium permanganat. Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah untuk sebagai berikut=

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

Berikut adalah macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah=

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

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbeda-beda beserta penjelasannya=

1. Desinfeksi dengan ozon

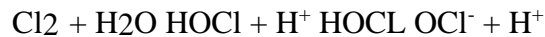
Ozon merupakan oksidator kuat sehingga menghantarkan listrik. Kemampuan menghancurkan bakteri 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan kaporit sangat tergantung pH airnya. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan akselerasi tidak teratur elektron dalam medan listrik tinggi. Oksigen arus bolak-balik melalui media arus tinggi menyebabkan elektron melompat untuk bergerak melintasi satu dan elektroda lainnya. Jika elektroda mencapai kecepatan yang cukup, itu akan menyebabkan molekul oksigen terpecah menjadi atom radikal bebas oksigen bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O₃ (ozon).

2. Desinfeksi dengan UV

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

3. Desinfeksi dengan Pembubuhan Kimia

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



4. Desinfeksi dengan Gas Klor

Metode tersebut dirancang untuk mengoksidasi logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton, dan membunuh spora lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2 – 3 g/m³ air, tergantung kekeruhan air. Klorin digunakan karena memiliki laju oksidasi yang lebih tinggi daripada aerasi dan mampu mengoksidasi besi yang terikat pada bahan organik. PH yang baik adalah 8 - 8,3 Oksidasi besi membutuhkan waktu 15 - 30 menit.

Secara umum standar proses reduksi Fe dan Mn menggunakan koagulasi alum, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi yang dilanjutkan dengan proses pra klorinasi. Dosis residu klorin yang dianjurkan adalah 0,2 – 0,5 mg/l (Fatimah et al., 2007). Tes kapasitas pengikat klorin (DPC) diperlukan untuk menentukan jumlah senyawa klorin (Cl₂) yang diperlukan untuk membersihkan air (membunuh bakteri). Kapasitas pengikatan klorin ditentukan oleh perbedaan antara klorin yang ditambahkan dan sisa klorin setelah 30 menit pemaparan (Sawyer et al., 1978).

Rumus Perhitungan=

A. Kebutuhan Klor

1. Kebutuhan Klor

$$\text{Keb. Klor} = \text{Dosis klor} \times \text{debit air baku (Q)}$$

2. Kebutuhan Kaporit

$$\text{Keb. Kaporit} = \frac{100}{60\%} \times \text{kebutuhan klor}$$

3. Debit Kaporit

$$Q_{\text{kaporit}} = \frac{\text{kebutuhan kaporit}}{\text{densitas}}$$

4. Debit Air

$$Q_{\text{air}} = \frac{100\% - 5\%}{5\%} \times Q_{\text{kaporit}}$$

5. Debit Larutan

$$Q_{\text{larutan}} = Q_{\text{kaporit}} + Q_{\text{air}}$$

6. Volume Bak

$$V_{\text{bak}} = Q_{\text{larutan}} \times \text{periode pelarutan}$$

7. Dimensi

$$H_{\text{total}} = H_{\text{air}} + (f_b \times H_{\text{air}})$$

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times h \quad \text{Keterangan} =$$

$$f_b = \text{Freeboard}$$

$$D = \text{Diameter bak}$$

$$h = \text{Tinggi bak}$$

B. Pengadukan

1. Power

$$P = G^2 \times \mu \times \text{volume bak}$$

$$\text{Keterangan} =$$

$$G = \text{Gradien Kecepatan}$$

$$\mu = \text{Viskositas Absolut}$$

2. Diameter Paddle

$$D_i = \left[\frac{p \times g}{K_T \times n^2 \times p} \right]^{1/5}$$

3. Cek Nre

$$Nre = \frac{D_i^2 \times n \times p}{\mu}$$

$$\text{Keterangan} =$$

$$D_i = \text{Diameter Impeller}$$

$$n = \text{Kecepatan Putaran Impeller}$$

$$p = \text{Massa Jenis Klor}$$

$$\mu = \text{Viskositas Absolut}$$

4. Tinggi Impeller dari dasar

$$\text{Tinggi Impeller} = 1 \times D_i$$

$$\text{Keterangan} =$$

$$D_i = \text{Diameter Impeller}$$

5. Debit Penetasan

$$Q_{\text{penetasan}} = \frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}}$$

6. Diameter Pipa Injeksi

$$D \text{ pipa injeksi} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Keterangan=

Q = debit air

v = kecepatan aliran pipa

7. Cek Kecepatan

$$V_{cek} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

Keterangan=

Q = debit air

D = diameter pipa

8. Dosing Pump

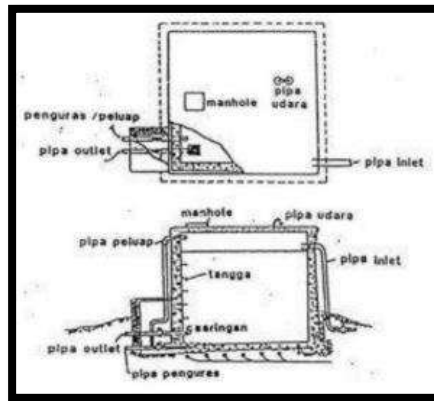
$$Dosing \ Pump = \frac{\text{diameter kaporit} \times \rho}{60}$$

2.6.9 Reservoir

Reservoir adalah tempat penyimpanan air bersih dalam sistem penyediaan air bersih. Secara umum Reservoir ini diperlukan untuk sistem penyediaan air bersih yang mensuplai kota. Reservoir memiliki fungsi dan peran khusus yang diperlukan untuk berfungsinya sistem penyediaan air bersih dengan baik. Fungsi utama reservoir adalah untuk menyeimbangkan produksi dan penggunaan air limbah. Pada saat yang sama, tekanan pada produksi air bersih tidak selalu sesuai dengan tekanan pada konsumsi air. Ketika produksi air bersih lebih besar dari total penggunaan airnya, kelebihan air disimpan sementara di reservoir. Berdasarkan tinggi relatif reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, terdapat dua jenis Reservoir, diantaranya=

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah. Reservoir permukaan biasanya berbentuk bak atau tangki air yang ditanam di bawah tanah.



Gambar 2. 27 Reservoir Permukaan
(Sumber= BPSDM PU, 2018)

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)



Gambar 2. 28 Reservoir Menara

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungannya terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya. Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi empat, yaitu=

a. Reservoir Tank Baja

Banyak reservoir menara dan “*standpipe*” atau reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau di las. Baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas sehingga perlu di cat dan dilindungi dengan “*Cathodic Protection*”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



Gambar 2. 29 Reservoir Tanki Baja

(Sumber= <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/QDHY-Glass-fused-to-steel-water-1600460749134.html>)

b. 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.



Gambar 2. 30 Reservoir Beton Cor

(Sumber = <https://readymix.co.id/aplikasi-dan-fungsi-ground-tank-beton-berikut-pemeliharaan/>)

c. 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.



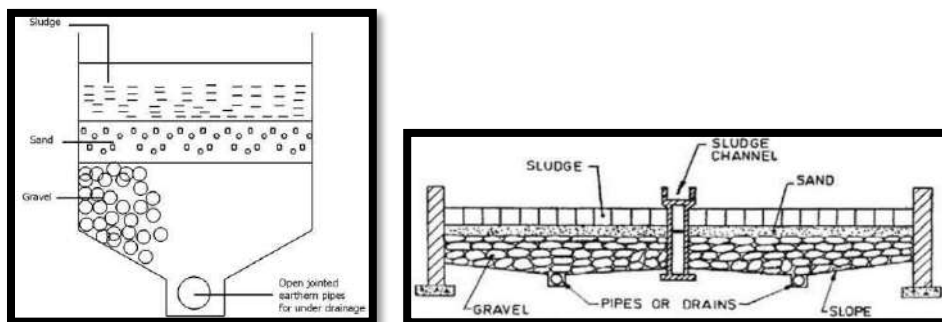
Gambar 2. 31 Reservoir *Fiberglass*

(Sumber= <https://tangkipanel.co.id/>)

d. Reservoir Pasangan Bata

Bata merah banyak digunakan sebagai bahan dinding reservoir, karena bahan yang didapat sangat sederhana. Selain itu, penggunaan batu bata memiliki keunggulan yaitu kuat, tahan lama dan kecil kemungkinannya untuk retak. Namun, pasangan bata juga memiliki kekurangan. Ini berarti sulit untuk membuat batu bata yang bersih. Untuk membersihkannya, plester yang Anda gunakan juga harus tebal agar dinding cukup rata dan kuat.

2.6.10 Sludge Drying Bed (SDB)



Gambar 2. 32 Sludge Drying Bed

Bak pengering lumpur biasanya digunakan untuk mengumpulkan lumpur padat/lumpur ukuran padat sedang. Pada proses ini, lumpur ditempatkan di kolam dengan kedalaman lapisan lumpur 200-300 mm. Lumpur kemudian dibiarkan mengering. Kandungan air di bak pengering lumpur berkurang karena saluran drainase di dasar kolam dan proses penguapan. Sebagian besar kehilangan kelembaban di tempat tidur pengeringan lumpur

disebabkan oleh pengeringan saluran drainase. Oleh karena itu, perlu ditentukan secara akurat ukuran pipa pembuangan. Tempat pengeringan lumpur umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa bawah dengan sambungan terbuka) (Metcalf & Eddy, 2003).

Persyaratan kemiringan minimum untuk talang adalah sekitar 1% (0,01 m/m), dan jarak antar talang pada setiap bagian adalah sekitar 2,5 – 6 m. Saluran drainase juga harus dilindungi dari dampak langsung lumpur, sehingga diperlukan media yang dapat menutup saluran drainase pada bak pengering lumpur. Media biasanya disusun dalam bentuk kerikil dan pecahan batu dengan tebal antara 200 dan 300 mm. Ketebalan yang diatur dengan cara ini berdampak menahan aliran air, dan meminimalkan masuknya sedimen ke dalam selokan drainase. Pasir yang digunakan dalam media penyangga juga memiliki batas faktor keseragaman tidak lebih dari 4, dengan ukuran efektif antara 0,3 – 7,5. Lebar zona kering dibatasi hingga 6 m, panjangnya berkisar antara 6 – 30 m dan kedalamannya berkisar antara 380 – 460 mm. Beton disarankan sebagai bahan konstruksi untuk bak pengering lumpur (Metcalf & Eddy, 2003).

Kecepatan aliran desain pipa saluran masuk bangunan tempat tidur pengering lumpur tidak lebih rendah dari 0,75 m/dtk, dan proses dehidrasi diperbolehkan dilakukan di saluran drainase. Pipa besi dan pipa PVC adalah jenis pipa yang paling umum digunakan. Sistem distribusi lumpur dilakukan dengan mengalirkan air tegak lurus dengan posisi bak pengering lumpur untuk mengurangi kecepatan aliran lumpur saat masuk ke gedung pengering (Metcalf & Eddy, 2003).

Padatan di tempat pengeringan lumpur hanya dapat dikeluarkan dari struktur setelah lumpur dikeringkan. Lumpur kering ditandai dengan permukaan yang retak, mudah hancur, dan berwarna hitam atau coklat tua. Dalam rentang waktu 10-15 hari, kadar air dalam lumpur kering sekitar 60%. Proses dewatering dikatakan selesai bila lumpur dikeruk menggunakan scraper atau secara manual dan diangkut keluar dari lokasi pembuangan (Metcalf & Eddy, 2003).

2.7 Persen Removal

Berdasarkan penelitian literatur yang kami kumpulkan, didapatkan rangkuman %penyisihan untuk unit pengolahan serta keseluruhan parameter dalam air sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air minum yang telah direncanakan.

Unit kerja dan proses dibagi menjadi tiga klasifikasi berdasarkan fungsinya, yaitu pengolahan fisik, kimia, dan biologi (Reynolds, 1982). Unit proses dan fungsi yang digunakan dalam pengolahan air minum adalah sebagai berikut=

Tabel 2. 16 Unit Pengolahan berdasarkan Parameter

No.	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
1.	Kekeruhan	<ul style="list-style-type: none"> - Prasedimentasi - Sedimentasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Reynolds/Richards 2nd, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i>, page130 - Droste, Ronald L. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>. Hal 224 - Reynolds/Richards 2nd, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i>, page316
2.	TSS	<ul style="list-style-type: none"> - Prasedimentasi - Sedimentasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Syed R. Qasim. 1985. <i>WWTP Planning Designand Operation</i>. Page 52 - Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse</i> 4th. Hal 497. - Droste, Ronald L. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>. Hal 224
3.	TDS	<ul style="list-style-type: none"> - Sedimentasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Reynolds/Richards 2nd, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i>, page233 - Droste, Ronald L. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>. Hal 224

No.	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
4.	BOD	<ul style="list-style-type: none"> - Prasedimentasi - Sedimentasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Syed R. Qasim. 1985. <i>WWTP Planning Designand Operation. Page 263</i> - Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th. Hal 497</i> - Syed R. Qasim. 1985. <i>WWTP Planning Designand Operation</i>
5.	Fe	<ul style="list-style-type: none"> - Aerasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Droste, Ronald L. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224</i> - Reynolds/Richards 2nd, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, page316</i>
6.	Mn	<ul style="list-style-type: none"> - Aerasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Droste, Ronald L. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224</i> - Ali Masduqi. <i>Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal 171</i>
7.	Amonia	<ul style="list-style-type: none"> - Aerasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ririn Arifah. 2016. <i>Amonia Stripping</i> - Metcalf & Eddy. 1954. <i>Fair and Geyer. Hal 196</i>
8.	Fecal Coliform	Desinfeksi	Droste, Ronald L. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224</i>
9.	Total Coliform	Desinfeksi	Droste, Ronald L. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224</i>
10.	pH	Netralisasi	Reynolds/Richards 2 nd , <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, page 130</i>

2.8 Profil Hidrolis

Profil hidrolis dijelaskan untuk menentukan ketinggian air dari setiap unit instalasi. Profil ini menunjukkan kehilangan tekanan (headloss) yang disebabkan oleh evakuasi gedung. Perbedaan ketinggian setiap node instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan dan perhitungan kehilangan tekanan, baik dalam perhitungan yang dilakukan pada bab sebelumnya dari setiap bangunan atau secara langsung dalam perhitungan yang dihitung pada bab ini. Profil hidrolis IPAM adalah upaya untuk mewakili secara grafis "garis kualitas hidrolik" dari instalasi pengolahan atau untuk menyatakan ketinggian fasilitas pengolahan (air masuk - saluran keluar air) dan tinggi pipa untuk memastikan bahwa air mengalir secara gravitasi, menentukan persyaratan pompa dan memastikan ini. aliran balik tidak menyebabkan banjir atau luapan.

Profil Hidrolis adalah faktor yang penting terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa. Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan =

1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

Untuk membuat profil hidrolik, perlu dihitung kehilangan tekanan bangunan. Kehilangan tekanan mempengaruhi ketinggian air di pembersih. Ada beberapa jenis penurunan tekanan saat berhadapan dengan bangunan, yaitu=

- a. Kehilangan tekanan pada pintu
- b. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang, dan sebagainya harus dihitung secara khusus
- c. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris
- d. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Rumus yang digunakan = $L \times S$

- e. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Cara yang mudah adalah dengan mengekivalenkan aksesoris tersebut dengan panjang pipa, disini 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 menghitung ketinggian muka air dapat menyebabkan kesalahan dalam menentukan ketinggian gedung pemeliharaan, pada saat konstruksi, yang dalam hal ini dapat mempengaruhi pemeliharaan. Penurunan muka air dipengaruhi oleh penurunan tekanan bangunan (jalur terbuka dan tertutup) pada perendaman yang direncanakan (jika ada). Perhitungan dapat dibuat sebagai berikut=

- 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.