

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Dan Persyaratan Air Bersih

Berdasarkan Permenkes No. 416/MENKES/PER/XI/1990 pengertian air bersih adalah air yang digunakan keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Secara umum air harus memenuhi syarat-syarat seperti :

1. Syarat Kuantitas

Penyediaan air bersih harus memenuhi kebutuhan masyarakat karena penyediaan air bersih terbatas memungkinkan untuk timbulnya penyakit di masyarakat. Volume rata-rata kebutuhan air setiap individu perhari berkisar antara 150-200 atau 34-40 galon. Kebutuhan air tersebut bervariasi bergantung pada keadaan iklim, standar kehidupan dan kebiasaan hidup masyarakat (Chandra, 2006).

2. Syarat Kualitas

Standart kualitas air bersih menurut Permenkes No. 416/MENKES/PER/XI/1990 terdiri dari 4 syarat :

a. Syarat fisik

Yaitu air bersih harus jernih, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna.

b. Syarat bakteriologi air

Syarat ini harus dipenuhi agar tidak menimbulkan penyakit bagi yang mengkonsumsinya adalah 10 MPN golongan bakteri *Coliform* per 100 ml untuk air bersih berasal dari perpipaan, dan 50 MPN golongan bakteri *Coliform* per 100 ml untuk air bersih bukan dari perpipaan.

c. Syarat kimia air

Air yang digunakan untuk mencuci, mandi dan makan minum tidak boleh mengandung bahan kimia berlebih yang berbahaya bagi kesehatan atau yang dapat menimbulkan gangguan fisiologis maupun ekonomis. Berdasarkan PPM dan PLP tahun 1990, derajat keasaman (pH) apabila

lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 9,2 mengakibatkan korosif pada pipa-pipa air yang dibuat dari logam, beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan manusia, mempengaruhi mikroba akan tumbuh dengan baik pada pH 6,0-8,0.

d. Syarat radioaktif

- *Gross Alpa Activity* ; kadar yang diperbolehkan adalah 0,1 Bq/ liter
- *Gross Beta Activity* ; kadar yang diperbolehkan adalah 1 Bq/ liter

2.2 Prinsip Dasar Penyediaan Air

Fungsi sistem peralatan plambing adalah menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang telah ditentukan dengan tekan yang cukup dan membuang air kotor ke tempat yang telah disediakan tanpa mencemari bagian lainnya (Noerbambang & morimura, 2005). Dalam perencanaan air bersih perlu memperhatikan kualitas air yang akan didistribusikan, sistem penyediaan air yang akan digunakan, pencegahan terjadinya pencemaran, laju aliran dalam pipa, kecepatan dan tekanan yang dibutuhkan. Bangunan yang dilengkapi sistem plambing harus mendapat sumber air bersih yang cukup untuk melayani suatu gedung. Bila sumber air tersebut tidak dapat melayani, maka harus disediakan sumber air lain seperti sumber air sungai, air tanah dalam, dan sebagainya untuk memenuhi persyaratan air bersih.

2.2.1 Kualitas Air Bersih

Tujuan terpenting dari penyediaan air adalah menyediakan air bersih. Penyediaan air minum dengan kualitas yang tetap baik merupakan prioritas utama. Banyak negara telah menetapkan standar kualitas untuk tujuan ini. Gedung-gedung yang dibangun di daerah yang tidak tersedia fasilitas penyediaan air minum untuk umum, air baku haruslah diolah dalam gedung atau dalam instalasi pengolahan agar dicapai standar kualitas air yang berlaku (Noerbambang & morimura, 2005). Gedung - gedung yang dibangun di daerah yang tidak tersedia fasilitas penyediaan air minum, seperti di tempat terpencil,

pegunungan atau di pulau, penyediaan air akan diambil dari sungai, air tanah dangkal atau air tanah dalam dan sebagainya. Walaupun demikian, air baku tersebut tetap harus diolah sampai mencapai standar kualitas yang berlaku. Pengolahan tersebut dapat dilakukan di dalam gedung maupun dalam instalasi pengolahan air bersih. Banyak negara telah menetapkan standar kualitas air bersih, termasuk Indonesia yang berlaku di Indonesia PermenKes No 492 Tahun 2010.

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Klorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5

Tabel 1. 1 Lampiran Parameter Wajib Persyaratan Air Minum

Sumber. PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010

2.2.2 Pencegahan Pencemaran Air

Adapun beberapa contoh pencemaran dan pencegahannya adalah (Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura,2000)

1. Larangan hubungan pintas

Hubungan pintas (cross connection) adalah hubungan fisik antara dua sistem pipa yang berbeda, satu sistem pipa untuk air bersih dan sistem pipa lainnya berisi air yang tidak diketahui atau diragukan kualitasnya, dimana air akan dapat mengalir dari satu sistem ke sistem lainnya. Demikian pula sistem penyediaan air bersih tidak boleh dihubungkan dengan sistem perpipaan lainnya. Sistem perpipaan air bersih dan peralatannya tidak boleh terendam dalam air kotor atau bahan lain yang tercemar.

2. Pencegahan Aliran Balik

Aliran balik (back flow) adalah aliran air atau cairan lain, zat atau campuran, ke dalam sistem perpipaan air bersih, yang berasal dari sumber lain yang bukan untuk air bersih. Aliran balik tidak dapat dipisahkan dari hubungan pintas dan ini disebabkan oleh terjadinya efek siphon-balik (back siphonage). Efek siphon-balik terjadi karena masuknya aliran ke dalam pipa air bersih dari air bekas, air tercemar, dari peralatan saniter atau tangki, disebabkan oleh timbulnya tekanan negatif dalam pipa. Tekanan negative dalam sistem pipa sering disebabkan oleh terhentinya penyediaan air atau karena penambahan kecepatan aliran yang cukup besar dalam pipa. Pencegahan aliran balik dapat dilakukan dengan menyediakan celah udara atau memasang penahan aliran-balik.

3. Pukulan Air

Penyebab pukulan air bila aliran dalam pipa dihentikan secara mendadak oleh keran atau katup, tekanan air pada sisi atas akan meningkat dengan tajam dan menimbulkan gelombang tekanan yang akan merambat dengan kecepatan tertentu, dan kemudian dipantulkan kembali ke tempat semula. Gejala ini menimbulkan kenaikan tekanan

yang sangat tajam sehingga menyerupai suatu pukulan dan dinamakan gejala pukulan air (water hammer). Pukulan air cenderung terjadi dalam keadaan sebagai berikut (Soufyan M.Noerbambang dan Takeo Morimura, 2000):

- a. Tempat-tempat di mana katup ditutup/dibuka mendadak;
- b. Keadaan di mana tekanan air dalam pipa selalu tinggi;
- c. Keadaan di mana kecepatan air dalam pipa selalu tinggi;
- d. Keadaan di mana banyak jalur ke atas dan ke bawah dalam sistem pipa;
- e. Keadaan di mana banyak belokan dibandingkan jalur lurus;
- f. Keadaan di mana temperatur air tinggi.

2.3 Sumber Air

Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 sumber air adalah wadah air air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah dalam pengertian ini ekuifer, mata air, sungai, rawa, danau, situ, waduk, dan muara. Secara umum untuk keperluan air minum rumah tangga dan industri, dapat digunakan sumber air berasal dari air sungai, mata air, danau, sumur, dan air hujan yang telah dihilangkan zat-zat kimianya, gas racun, serta bakteri atau mikroorganisme yang berbahaya bagi kesehatan, adapun sumber air yang bisa dimanfaatkan ialah :

1. Air hujan (air angkasa)

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber utama air di bumi. Saat presipitasi air hujan merupakan air yang bersih namun saat berada di atmosfer air hujan akan mengalami pencemaran yang disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas, misalnya karbon dioksida, nitrogen dan ammonia. Air hujan merupakan hasil penyubliman awan/ uap air menjadi air murni yang ketika turun melalui udara akan melarutkan benda-benda yang terdapat di udara seperti beberapa gas (O_2 , CO_2 , H_2 , dan lain-lain), jasad-jasad renik, dan debu (Sumantri, 2015). Air hujan biasanya bersifat asam, dengan nilai pH sekitar 4,2. Hal ini disebabkan karena air hujan melarutkan gas-gas yang terdapat di atmosfer, misalnya gas karbondioksida (CO_2), sulfur (S), dan nitrogen oksida (NO_2) yang dapat membentuk asam

lemah (Effendi, 2006)

2. Air permukaan (*surface water*)

Air permukaan adalah air yang berada di sungai, danau, waduk, rawa, dan badan air lain, yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah. Air hujan yang berubah menjadi air permukaan saat jatuh ke bumi memiliki kadar bahan-bahan terlarut atau unsur hara yang sangat sedikit. Perairan permukaan dapat di klasifikasikan menjadi 2 kelompok utama yaitu badan air tergenang (*standing waters* atau lentik) seperti waduk, danau, kolam, dan rawa. Dan badan air mengalir (*flowing waters* atau lotik) contohnya adalah sungai (Effendi, 2006). Dibandingkan dengan sumber air lain, air permukaan merupakan sumber-sumber air yang paling tercemar akibat kegiatan manusia, fauna, flora dan zat-zat lain (Sumantri, 2015).

3. Air Tanah (*Ground Water*)

Air tanah adalah air yang tersimpan/ terperangkap di dalam lapisan batuan yang mengalami pengisian/ penambahan secara terus menerus oleh alam (Harmayani dan Konsukartha, 2017). Air tanah berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara ilmiah. Karena proses tersebut air tanah biasanya lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan. Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibanding sumber air lain. Air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses purifikasi atau penjernihan. Persediaan air tanah juga cukup sepanjang tahun bahkan saat musim kemarau. Namun air tanah juga memiliki kekurangan dimana memiliki kandungan mineral dalam konsentrasi yang tinggi seperti magnesium, kalsium, dan logam berat seperti besi yang dapat meningkatkan kesadahan air (Sumantri, 2015). Air tanah dapat dibagi menjadi 3 diantaranya:

a. Air bebas (*Free Water*)

Air bebas adalah air tanah yang berada di dalam akuifer yang tidak tertutup oleh lapisan impermeable. Lapisan akuifer adalah lapisan

permeable (lapisan tanah yang mudah dilalui air) yang jenuh akan air, dan lapisan impermeable adalah lapisan tanah yang sulit ditembus air.

b. Air terkekang (*confined water*)

Air terkekang adalah kebalikan dari air bebas. Dimana air terkekang (*confined water*) adalah air tanah yang terdapat pada lapisan akuifer dan tertutup oleh lapisan impermeable (Sumantri, 2015)

c. Mata air

Mata air yang muncul ke permukaan tanah kebanyakan karena perubahan topografi dan dipengaruhi oleh perbedaan lapisan permeable gunung api dengan lapisan impermeable (lava bongkah) dengan tipe seepage (rembesan). Debit mata air yang keluar umumnya digunakan oleh masyarakat untuk air minum dan mengairi sawah/tegalan, kemudian mengalir menuju lembah atau sungai. Mata air biasanya banyak ditemukan pada wilayah morfologi kaki gunung. Mata air muncul karena bertemunya lapisan permeabel yang mampu menyimpan dan mengalirkan air tanah di atasnya dengan lapisan impermeable di bawahnya yang relative kompak. Umumnya ketersediaan mata air dipengaruhi oleh faktor-faktor geologi seperti kondisi morfologi, litologi, struktur geologi, dan tataguna lahan setempat.

2.4 Pengolahan Air

Setiap pengolahan air dilakukan dalam konteks rangkaian pengolahan yang merupakan kumpulan dari unit proses. Unit tersebut dapat mencakup penyaringan, sedimentasi, flotasi, koagulasi, filtrasi, adsorpsi, pertukaran ion, transfer gas, oksidasi, reaksi biologis, dan desinfeksi. Berdasarkan Reynold (1996), pengolahan air dibagi menjadi 3 yaitu pengolahan secara fisika, kimia dan biologis.

1. Pengolahan secara fisika

a. Prasedimentasi

Prasedimentasi merupakan pengolahan pendahuluan yang umumnya dilakukan dengan menggunakan unit prasedimentasi. Unit

prasedimentasi merupakan unit dimana terjadi proses pengendapan partikel diskret. Partikel diskret adalah partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran, maupun berat pada saat mengendap. Pengendapan dapat berlangsung dengan efisien apabila syarat-syaratnya terpenuhi. Menurut Lopez (2007), efisiensi pengendapan tergantung pada karakteristik aliran, sehingga perlu diketahui karakteristik aliran pada unit tersebut. Karakteristik aliran dapat diperkirakan dengan bilangan *Reynolds* dan bilangan *Froude* (Kawamura, 1991).

b. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan partikel secara gravitasi. Pengendapan kandungan zat padat di dalam air dapat digolongkan menjadi pengendapan diskrit (kelas 1), pengendapan flokulen (kelas 2), pengendapan zone, pengendapan kompresi/tertekan (Martin D, 2001; Peavy, 1985; Reynolds, 1977). Jenis bak pengendap adalah bak pengendap aliran batch dan bak pengendap dengan aliran kontinu.

c. Filtrasi

Proses filtrasi adalah mengalirkan air hasil sedimentasi atau air baku melalui media pasir. Proses yang terjadi selama penyaringan adalah pengayakan (straining), flokulasi antar butir, sedimentasi antar butir, dan proses biologis. Dilihat dari segi desain kecepatan, filtrasi dapat digolongkan menjadi saringan pasir cepat (filter bertekanan dan filter terbuka) dan saringan pasir lambat (Martin D, 2001). Setelah filter digunakan beberapa saat, filter akan mengalami penyumbatan. Untuk itu perlu pembersihan, yang dapat dilakukan dengan pencucian dengan udara dan pencucian dengan air (pencucian permukaan filter dengan penyemprotan dan pencucian dengan backwash).

Filtrasi dapat diklasifikasikan menurut jenis media yang digunakan sebagai berikut:

- a. Filtrasi media tunggal, yakni memiliki satu jenis media yaitu pasir dan batu bara yang dihancurkan.

- b. Filtrasi media ganda, yakni memiliki dua jenis media, media antrasit yang diahncurkan dan juga pasir.
- c. Filtrasi multimedia, yakni memiliki tiga jenis media media antrasir, pasir dan garmet

2. Secara kimia

a. Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi terdiri dari penambahan nahan kimia dalam pembentukan flok ke air dalam menjerat atau menggabungkan dengan padatan koloid yang tidak dapat mengendap dan padatan tersuspensi yang mengendap secara lambat untuk menghasilkan flok yang mengendap dengan cepat. Flok yang telah terbentuk akan dihilangkan dalam proses sedimentasi. Koagulasi adalah penambahan dan pencampuran secara cepat bahan koagulan. Flokulasi adalah pengadukan secara lambat untuk menggumpalkan partikel yang tidak stabil kemudian membentuk flok yang dapat mengendap dengan cepat. Dalam pengolahan air, penggunaan kaogulasi dan flokulasi adalah untuk menggumpalkan padatan sebelum melalui proses sedimentasi dan penyaringan pasir cepat (filtrasi). (Reynold, 1996)

b. Desinfeksi

Desinfeksi adalah memusnahkan mikro- organisme yang dapat menimbulkan penyakit. Desinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikro-organisme patogen penyebab penyakit, termasuk di dalamnya virus, bakteri dan protozoa parasit (Bitton, 1994). Berdasarkan Reynold (1996), Desinfeksi adalah penghamcuran mikroorganisme patogen, dalam hal ini, tidak berlaku untuk miroorganisme patogen atau non-patogen yang mungkin masih dalam keadaan spora.

3. Pengolahan secara biologi

a. Aerasi

Aerasi merupakan salah satu cara pengolahan air bersih yang bersifat pengolahan secara biologi, dengan cara penambahan udara atau

oksigen didalam air dengan cara menyemprotkan air keudara atau dengan memberikan gelembunggelembung udara yang halus pada dasar permukaannya. Aerasi dipilih karena tidak memerlukan tempat yang luas, bentuk dan desainnya sederhana dan mudah dioperasikan (Rahmawati, 2010).

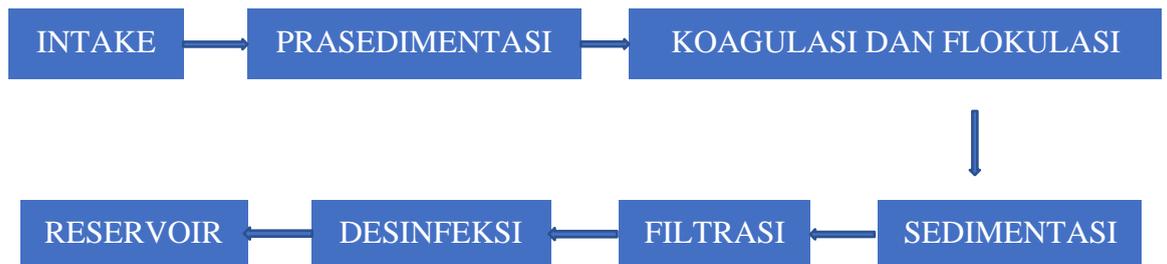
Tipe aerator terbagi menjadi empat, yaitu :

- 1) Gravity aerator
- 2) Spray aerator
- 3) Diffuser
- 4) Mecahnical aerator (Rahmawati, 2010).

2.5 Unit Proses Pengolahan Air Bersih

Pengolahan air bersih didefinisikan sebagai operasi teknis yang dilakukan terhadap air baku agar menjadi air bersih yang memenuhi dengan persyaratan kualitas sebagai air bersih atau air minum dengan menggabungkan beberapa proses pengolahan (Tambo, 1974). Proses pengolah air ini bertujuan untuk mengurangi konsentrasi dari masing – masing polutan dalam air baku sehingga aman untuk digunakan.

Menurut Reynolds (1982), unit operasi dan proses dibagi menjadi tiga fisika, kimia dan biologi. Adapun unit operasi dan proses yang biasanya digunakan pada pengolahan air bersih yakni :



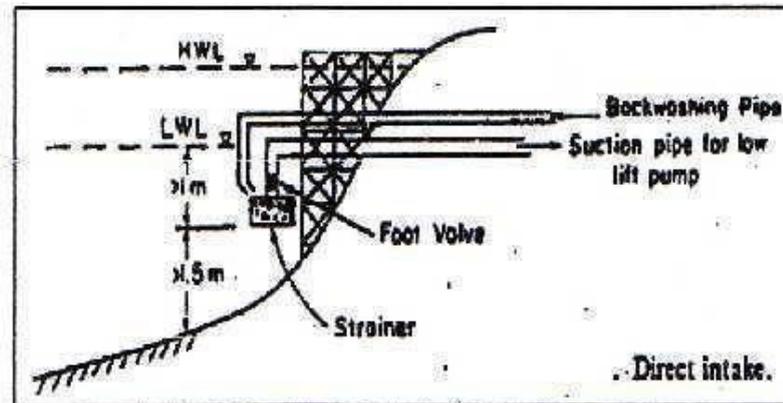
2.5.1 Intake (Bangunan Sadap)

Bangunan intake di IPA Kudu Jombang ini sebagai penyadap air baku dari Sungai Brantas yang dimana berada pada badan air Sungai Brantas yang kemudian air baku tersebut dapat dikumpulkan dalam

suatu wadah untuk selanjutnya dilakukan pengolahan selanjutnya. Bangunan intake memiliki beberapa jenis (Razif, 1986) yakni :

- Intake Langsung (Direct Intake)

Pada bangunan intake langsung ini dapat digunakan untuk sumber air yang dalam seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. (Kawamaru, 2000).

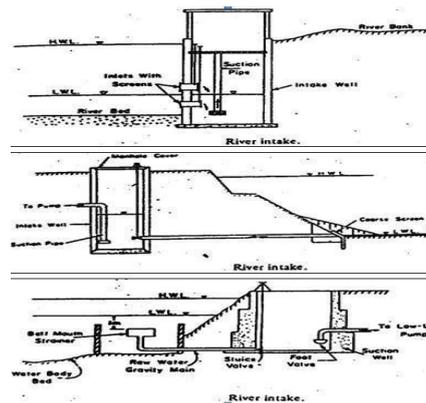


Gambar 2.1 Direct Intake (Kawamaru, 2000)

- Intake Tidak Langsung (Indirect Intake)

a. River Intake

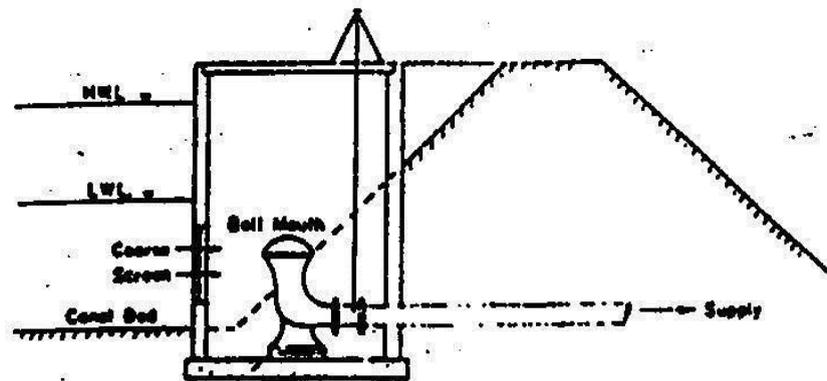
Yang dimana pada bangunan river intake ini memiliki sumur pengumpul dengan pipa penyadap.



Gambar 2.2 River Intake (Kawamaru, 2000)

b. Canal intake

Yang dimana pada bangunan intake ini digunakan untuk air yang berasal dari kanal.



Gambar 2.3 Canal Intake (Kawamaru, 2000)

Desain perencanaan bangunan Intake menurut Al-Layla (1980) yakni :

1. Kecepatan pipa sadap 0,6 – 2,5 m/detik
2. Pipa sadap harus dapat memenuhi kebutuhan air maksimum
3. Dasar intake well 1 m dibawah dasar sungai atau 1,5 m di bawah muka air terendah
4. Kecepatan pipa *suction* 1 – 2,5 m/detik

2.5.2 Bangunan Prasedimentasi

Bangunan prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah overflow rate, $v_{horizontal}$ (v_h), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996). Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

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

2.5.3 Koagulasi (Pengadukan Cepat)

Koagulasi merupakan proses pengadukan cepat dengan pembubuhan bahan kimia (koagulan) yang berfungsi untuk mengurangi gaya tolak – menolak antar partikel koloid, untuk kemudian membentuk flok. Menurut (Masqudi dan Slamet, 2002), proses pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yakni :

1. Pengadukan Mekanis

Pengaduk secara mekanis adalah metode paling umum yang digunakan karena metode ini dapat diandalkan, sangat efektif, dan fleksibel pada pengoperasiannya. Biasanya pengadukan cepat menggunakan *turbine impeller*, *paddle impeller*, atau *propeller* untuk menghasilkan turbulensi (Reynolds, 1982).

2. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolisis dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain dengan menggunakan *baffle basins*, *weir*, *flume*, dan loncatan hidrolis. Hal ini dapat dilakukan karena masing-masing alat tersebut menghasilkan aliran yang turbulen karena terjadinya perubahan arah aliran secara tiba-tiba. Sistem ini lebih banyak dipergunakan di negara berkembang terutama di daerah yang jauh dari kota besar, sebab pengadukan ini memanfaatkan energi dalam aliran yang menghasilkan nilai gradient kecepatan (G) yang tinggi, serta tidak perlu mengimpor peralatan,

mudah dioperasikan, dan pemeliharaan yang minimal (Schulz/ Okun, 1984).

3. Pengadukan Pneumatik (Pneumatic Maxing)

Pengadukan pneumatic adalah pengadukan yang menggunakan tenaga angin (menggunakan blower). Pengadukan seperti ini biasa disebut aerasi namun digunakan untuk proses koagulasi.

Pengadukan dengan cara ini adalah dengan cara mengalirkan udara melalui nozzle sehingga udara yang di hasilkan dapat di distribusikan merata dan berbentuk gelembung udara yang alirannya keatas. Nozzle – nozzle itu memiliki bentuk yang bermacam – macam dan ukuran yang bermacam – macam pula. Udara yang keluar dari nozzle akan memutar air dan mengaduk air secara homogen, sehingga dapat digunakan untuk proses koagulasi.

Koagulasi 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 (Dalimunthe, 2007; Shammas & Wang, 2016).

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

2.5.4 Flokulasi (Pengadukan Lambat)

Bangunan Flokulasi merupakan pengadukan lambat untuk menggabungkan partikel-partikel padat yang telah terdestabilisasi menjadi flok-flok yang dapat diendapkan pada unit pengolahan berikutnya dengan cepat. (Reynolds, 1982). Flokulasi dapat dilakukan dengan cara pengadukan hidrolis, mekanik, dan pneumatik.

Terdapat beberapa kategori sistem pengadukan untuk melakukan flokulasi yaitu :

- Pengadukan mekanis
- Pengadukan menggunakan baffle channel basins

Proses pembentukan flok akan berjalan dengan baik jika pembubuhan koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan. Flokulasi merupakan proses penggabungan antar partikel sehingga menjadi partikel-partikel yang lebih besar (flok) sehingga lebih mudah mengendap secara gravitasi. Bahan koagulan yang dipakai, pH dan lamanya pengadukan merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi proses berlangsungnya flokulasi. (Sutrisno, 2002 dalam Afriani, 2007).

Menurut Said (2008) salah satu pengadukan dalam proses flokulasi adalah pengadukan berdasarkan energi yang ada dalam air itu sendiri. Pengadukan ini dilakukan dengan sistem saluran atau bak dengan penyekat baik secara horizontal maupun vertical.

2.5.5 Sedimentasi

Unit sedimentasi merupakan unit setelah proses koagulasi-flokulasi yang berfungsi untuk memisahkan solid dan liquid dari suspensi untuk menghasilkan air yang lebih jernih melalui pengendapan secara gravitasi. Unit berfungsi sebagai peringan beban kerja unit filter dan memperpanjang lamanya kerja filter (Putri, 2013).

Bak sedimentasi didesain untuk menghasilkan aliran up-flow. Aliran upflow mengalirkan air dari arah bawah ke atas ataupun berlawanan dengan arah pengendapan yaitu dari atas ke bawah. Pada awal pemakaian bak sedimentasi pengendapan kurang begitu efektif, perubahan terjadi setelah beberapa jam, pengendapan akan semakin efektif. Hal ini terjadi karena belum terbentuknya selimut lumpur (sludge blanket) (Novitasari dkk, 2013). Dan secara umum yang perlu direncanakan dalam sistem bak pengendap adalah :

- Perencanaan bidang pengendap

- Perencanaan inlet dan outlet
 - Perencanaan ruang lumpur
- (Darmasetyawan, 2006)

Menurut Coe dan Clevenger (1916), yang kemudian dikembangkan oleh Camp (1946) dan Fitch (1956) dan dikutip oleh Reynolds (1982), pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi bisa dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Penjelasan mengenai keempat jenis pengendapan ini adalah sebagai berikut :

1. Pengendapan Tipe I, *Free Settling*

Pengendapan tipe I adalah pengendapan dari partikel diskrit yang bukan merupakan flok pada suatu suspensi. Partikel terendapkan sebagai unit terpisah dan tidak terlihat flokulasi atau interaksi antara partikel-partikel tersebut. Contoh pengendapan tipe I adalah prasedimentasi dan pengendapan pasir pada *grit chamber*.

2. Pengendapan Tipe II, *Flocculent Settling*

Pengendapan tipe II adalah pengendapan dari partikel-partikel yang berupa flok pada suatu suspensi. Partikel-partikel tersebut akan membentuk flok selama pengendapan terjadi, sehingga ukurannya akan membesar dan mengendap dengan laju yang lebih cepat. Contoh pengendapan tipe ini adalah pengendapan primer pada air buangan dan pengendapan pada air yang telah melalui proses koagulasi dan flokulasi

3. Pengendapan Tipe III, *Zone / Hindered Settling*

Pengendapan tipe III adalah pengendapan dari partikel dengan konsentrasi sedang, dimana partikel-partikel ini tersebut sangat berdekatan sehingga gaya antar partikel mencegah pengendapan dari partikel di sekelilingnya. Partikel-partikel tersebut berada pada posisi yang tetap satu sama lain dan semua mengendap dengan kecepatan konstan. Sebagai hasilnya massa partikel mengendap dalam satu zona.

4. Pengendapan Tipe IV, *Compression Settling*

Pengendapan tipe IV adalah pengendapan dari partikel yang memiliki konsentrasi tinggi dimana partikel-partikel bersentuhan satu sama lain dan pengendapan bisa terjadi hanya dengan melakukan kompresi terhadap massa tersebut.

Menurut Joko (2010) mengatakan ada 4 bagian zona sedimentasi yaitu:

a. Zona Inlet

Zona yang didesain agar air baku masuk tanpa mengganggu partikel yang mengendap dan dapat didistribusikan secara seragam serta merata sepanjang bak sedimentasi.

b. Zona Pengendapan

Pada zona pengendapan partikel dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya aliran itu sendiri. Gaya partikel menyebabkan partikel bergerak ke bawah sedangkan gaya aliran menyebabkan partikel bergerak searah horizontal. Jumlah gaya tersebut menyebabkan partikel mengendap di zona lumpur.

c. Zona Lumpur

Pada zona ini lumpur diusahakan dapat terkumpul sehingga dapat dibuang melalui proses pengurasan pada waktu tertentu.

d. Zona Outlet

Zona ini merupakan zona akhir dari unit bak sedimentasi dan zona ini didesain mirip dengan zona inlet, yaitu air dikeluarkan tanpa mengganggu pengendapan.

2.5.6 Filtrasi

Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik. Filtrasi dapat digolongkan menjadi dua yakni : (Al-Layla, 1980)

1. Rapid Sand Filter

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). Media yang dipakai terbentuk dari :

- A. Single media, misalnya : pasir.
- B. Dual media, misalnya : antrasit dan pasir yang terpisah.
- C. Mixed media, misalnya : antrasit dan pasir yang tercampur.

2. Slow Sand Filter

Filter pasir lambat atau *slow sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau *schmutzdecke*. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. *Schmutzdecke* adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati *schmutzdecke*, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kelebihan yang dimiliki oleh saringan pasir lambat adalah : (Hadi,1997)

1. Kualitas effluen yang lebih baik bila dibandingkan dengan saringan pasir cepat, karena adanya lapisan film mikroba di bagian atas pasir yang berfungsi sebagai pemisah bakteri, zat organik, kekeruhan dan pencemar lain.
2. Dapat mengatasi fluktuasi kualitas influen, tanpa menurunkan kualitas effluen.
3. Biaya konstruksi dengan menggunakan konstruksi batu kali sehingga murah.

4. Biaya operasi pemeliharaan yaitu tanpa peralatan impor sehingga relatif murah.
5. Sistem pengoperasian dan pemeliharaan yang mudah, sehingga tidak memerlukan skilled operator.
6. Tidak memerlukan material dan peralatan impor.
7. Tidak memerlukan air pencuci filter dalam jumlah besar.

Sedangkan kemungkinan kelemahan dari saringan pasir lambat adalah: (Hadi,1997)

1. Perlu lahan relatif luas
2. Bila air baku tercemar oleh toxic wastes, lapisan film mikroba tidak terbentuk, sehingga kualitas bakteriologis effluennya sama dengan saringan pasir cepat.
3. Bila algae terdapat dalam jumlah yang melimpah, sehingga pengerukan lapisan atas menjadi terlalu sering.
4. Di daerah gempa memerlukan konstruksi beton, sehingga mahal.
5. Di daerah bersalju perlu penutup agar air tidak membeku.

➤ Mekanisme filtrasi

Proses filtrasi pada dasarnya adalah kombinasi dari berbagai proses yang berbeda. Proses – proses yang paling penting adalah :

1. Mechanical Straining

Merupakan penyaringan partikel tersuspensi yang terlalu besar untuk dapat lolos melalui ruang antar butiran media. Proses ini terjadi pada permukaan filter dan tidak tergantung kecepatan filtrasi. *Clogging* pada filter tergantung pada kecepatan filtrasi. *Clogging* pada filter akan mengurangi ukuran pori sehingga secara teoritis meningkatkan efisiensi penyaringan dari media filter dan akan meningkatkan tahanan filter sehingga perlu dipilih butiran yang lebih besar (Santoso,1997).

2. Sedimentasi

Pada proses ini akan terjadi pengendapan partikel tersuspensi yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan media. Pada prinsipnya semua butiran media dapat menjadi tempat pengendapan ini. Jika filtrasi telah berjalan cukup lama maka endapan akan mengurangi ukuran efektif pori dan kecepatan air akan bertambah. Hal ini dapat menyebabkan penggerusan endapan sehingga terbawa keeffluen yang menyebabkan kualitas effluen menjadi lebih buruk sehingga memerlukan pencucian / *backwashing*.(Santoso,1997)

3. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penghilangan impurities air karena adanya gaya tarik menarik antara impurities dengan butiran media. Proses adsorpsi ini memegang peranan yang sangat penting dalam filtrasi, karena akan menghilangkan partikel yang lebih kecil daripada partikel tersuspensi, seperti partikel impurities dan partikel koloid. Kemampuan adsorpsi hanya terjadi pada jarak antara 0,01 - 1 μ m disekitar partikel butiran. Prinsip proses adsorpsi adalah karena adanya perbedaan muatan antara permukaan butiran dengan impurities tersuspensi atau koloid yang ada disekitarnya. Partikel koloid yang berasal dari organik umumnya bermuatan negatif tidak akan teradsorpsi pada saat filter masih bersih dan baru beroperasi. Setelah filtrasi berjalan dan banyak partikel positif tertahan pada butiran media filter, maka permukaan butiran menjadi lewat jenuh dan menjadi bermuatan positif. Kemudian terjadi adsorpsi tingkat kedua, yaitu menarik partikel bermuatan negatif. Jika adsorpsi tingkat kedua mencapai kondisi lewat jenuh, muatan kembali menjadi negatif dan mengadsorpsi muatan positif. Semakin lama impurities yang menempel pada permukaan butiran media akan semakin tebal, sehingga gaya penyebab terjadinya adsorpsi (gaya Vander Waals dan Coloumb) menjadi menurun kekuatannya dan efisiensi filter menurun (Santoso, 1997).

4. Aktivitas Kimia

Aktivitas kimia adalah proses dimana impurities yang terlarut diuraikan menjadi substansi yang lebih sederhana dan tidak berbahaya atau

dirubah menjadi partikel tidak terlarut, sehingga dapat dihilangkan dengan proses straining, sedimentasi dan adsorpsi pada media berikutnya.

5. Aktivitas Biologis

Aktivitas ini disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter. Secara alamiah bakteri terdapat dalam air baku dan jika melalui filter ada yang tertahan pada butiran media filter. Bakteri ini berkembang biak dengan bahan organik dan anorganik sebagai makanannya yang mengendap di butiran, makanan ini sebagian dipergunakan untuk proses hidupnya (disimilasi) dan sebagian untuk proses pertumbuhannya (asimilasi). Hasil disimilasi ini dipergunakan lagi oleh bakteri yang letaknya lebih dalam.

2.5.7 Desinfeksi

Desinfeksi adalah proses untuk membunuh bakteri, protozoa, dan virus dengan kuantitas desinfektan yang kecil dan tidak beracun bagi manusia. Reaksi desinfeksi yang terjadi harus dilaksanakan di bawah kondisi normal, termasuk suhu, aliran, kualitas air, dan waktu kontak. Hal ini akan membuat air menjadi tidak beracun, tidak berasa, lebih mudah diolah, ekonomis, serta akan meninggalkan residu yang tetap untuk jangka waktu yang aman, sehingga kontaminan dapat dihilangkan (Al-Layla, 1980). Desinfeksi yang sering digunakan adalah dengan klorinasi menggunakan gas klor. Metode desinfeksi secara umum ada dua, yaitu preklorinasi dan post chlorination :

1. Plain chlorination

Klorinasi langsung dilakukan ke dalam pipa, dimana pipa ini menghubungkan sumber air dan kota. Untuk desinfeksi saja diperlukan sekitar 0,50 mg/l zat klor atau lebih, agar diperoleh sisa klor didalam jaring – jaring pipa distribusi di dalam kota. Desinfeksi seperti ini biasanya dilakukan pada air permukaan tanpa adanya pengolahan (pada beberapa kota di luar negeri).

2. Preklorinasi

Khlor ditambahkan langsung pada air sebelum diolah. Bakteri terbunuh selama prekhlorinasi akan memperkecil kemungkinan digunakannya filter bed. Prekhlorinasi memperbaiki koagulasi dan mereduksi rasa dan bau karena oksidasi bahan organik.

3. Post khlorinasi

Khlor ditambahkan pada air yang telah diolah. Dosis khlor tergantung air baku dan lama kontak yang diperlukan.

Air yang telah melalui proses pengolahan ditampung dalam suatu reservoir sebelum didistribusikan ke konsumen. Menurut JWVA (1978), kapasitas efektif reservoir adalah mampu menampung air yang diproduksi selama minimum satu jam. Untuk mendapatkan mutu air bersih sesuai dengan standart kesehatan perlu diadakan proses disinfeksi dengan menggunakan Sodium Hypochloride yang perlu dipompakan dengan pompa dosing. Faktor – faktor yang mempengaruhi khlorinasi adalah sebagai berikut :

- a. Suspended solid yang terkandung dalam air dapat digunakan sebagai pelindung bagi bakteri darikhlorin.
- b. Disinfecting power menurun akibat kehadiran organic matter(senyawa organik).
- c. Khlorinasi berlangsung efektif pada air yang mempunyai pH dan alkalinitas rendah.
- d. Keefektifan khlorin menurun akibat kehadiran nitrit, besi, danmangan

2.5.8 Reservoir

Reservoir adalah tangki penyimpanan air bersih yang telah melalui poses pengolahan pada instalasi. Air yang telah mengalami proses pengolahan ini kemudian menuju ke sistem distribusi. Reservoir terdiri dari dua jenis yaitu ground storage reservoir dan elevated storage reservoir. Ground storage reservoir membutuhkan pompa dalam pengoperasiannya dan biasanya digunakan untuk menampung air dengan kapasitas besar, sedangkan elevated storage reservoir dalam

pengoperasiannya dilakukan secara gravitasi dan menampung air dengan kapasitas relatif lebih kecil dari ground storage. (Qasim, Motley & Zhu, 2000).

Kapasitas reservoir untuk kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan pemakaian dalam 24 jam. Reservoir tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan air bersih pelanggan, namun juga meliputi kebutuhan air untuk operasi instalasi dan kebutuhan air pekerjanya.