BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Sungai

Air sungai termasuk ke dalam air permukaan yang banyak digunakan oleh masyarakat. Sungai adalah saluran terbuka yang dalam prosesnya terbentuk secara alami diatas permukaan bumi, tidak hanya berperan untuk menampung air tetapi juga mengalirkannya dari bagian hulu menuju ke bagian hilir dan ke muara (Junaidi, 2014). Sungai mengalir dari hulu dalam kondisi kemiringan lahan yang curam berturut-turut menjadi agak curam, agak landai, dan relatif rata. Arus relatif cepat di daerah hulu dan bergerak menjadi lebih lambat dan makin lambat pada daerah hilir. Sungai juga merupakan suatu tempat dimana air berkumpul di lingkungan sekitarnya yang mengalir menuju tempat yang lebih rendah. Daerah sekitar sungai yang mensuplai air ke sungai dikenal dengan daerah tangkapan air atau daerah penyangga. Kondisi suplai air dari daerah penyangga dipengaruhi aktivitas dan perilaku penghuninya (Wardhana, 2004).

Menurut Junaidi (2014), proses terbentuknya sungai berasal dari mata air yang mengalir di atas permukaan bumi. Proses selanjutnya pada aliran air akan bertambah seiring dengan terjadinya hujan karena limpasan air hujan yang tidak mudah terserap oleh bumi yang akan ikut mengalir ke dalam sungai. Sungai sebagai sumber air merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai fungsi serbaguna bagi kehidupan dan penghidupan manusia.

2.2 Standar Kualitas Air

Standar kualitas air adalah baku mutu yang harus memenuhi syarat fisik, kimiawi, bakteriologis dan radioaktivitas. Standar kualitas untuk air minum adalah Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, sedangkan untuk baku mutu air sungai adalah Permenkes RI No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup terkait baku mutu air sungai dan sejenisnya. Parameter-parameter yang ada di dalam Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021. Adapun kualitas air berdasarkan mutu dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 dibedakan

menjadi:

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

2.3 Metode Proyeksi Penduduk

Kebutuhan air bersih semakin lama semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berjalannya waktu di masa yang akan datang. Proyeksi penduduk diperlukan dalam perencanaan instalasi pengolahan air minum yang akan digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Hal ini penting untuk dilakukan agar bangunan tersebut dapat digunakan sesuai dengan periode desain yang telah direncanakan dan tidak menimbulkan masalah pada masa yang akan datang. Untuk mengetahui jumlah penduduk pada masa yang akan datang, digunakanlah proyeksi penduduk dengan beberapa metode.

Proyeksi jumlah penduduk digunakan sebagai dasar untuk menghitung tingkat kebutuhan air bersih pada masa mendatang. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam perhitungan proyeksi penduduk di suatu daerah yang terdapat di dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air antara lain metode aritmatik, metode geometrik, dan metode *least square*.

2.4 Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah banyaknya jumlah air yang dibutuhkan untuk

keperluan rumah tangga, industri, penggelontor kota dan lain-lain yang digunakan untuk berbagai kegiatan masyarakat dalam wilayah tersebut. Kebutuhan air bersih didapatkan dari hasil perkalian antara jumlah penduduk pada tahun proyeksi dengan kebutuhan air per orang per hari. Kebutuhan air diklasifikasikan menjadi kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non-domestik.

2.4.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air yang dipakai untuk keperluan rumah tangga yaitu untuk keperluan minum, mandi, masak dan keperluan lainnya. Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air bersih yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Jumlah kebutuhan didasarkan pada banyaknya penduduk, persentase kebutuhan air dan cara pembagian air yaitu dengan sambungan rumah atau melalui kran umum. Kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan standar yang biasa digunakan serta kriteria pelayanan berdasarkan pada kategori kotanya. Setiap kategori kota kebutuhan air per orang per hari berbeda-beda. Besarnya konsumsi air dapat mengacu standar yang berlaku. Standar kebutuhan air domestik dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Standar Kebutuhan Air Domestik

No.	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
		Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (lt/org/hr)	>150	150 - 120	90-120	80-120	60 - 80
2	Konsumsi Unit Hidran (HU) (lt/org/hr)	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40
3	Konsumsi Unit Non Domestik (lt/org/hr)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34

No.	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
		Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
	a. Niaga kecil (l/u/hr)	600-900	600-900		600	
	b. Niaga besar (l/u/hr)	1000-5000	1000-5000		1500	
	c. Industri besar (l/dtk/ha)	0,2-0,8	0,2-0,8		0,2-0,8	
	d. Pariwisata (l/dtk/ha)	0,1-0,3	0,1-0,3		0,1-0,3	
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor Hari Maksimum	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25
6	Faktor Jam Puncak	1,75-2.0	1,75-2.0	1,75-2.0	1,75-2.0	1,75-2.0
7	Jumlah Jiwa per SR (Jiwa)	5	5	5	5	5
8	Jumlah Jiwa per HU (Jiwa)	100	100	100	100-200	200
9	Sisa tekan di Penyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
11	VolumeReservoir (% *Max DayDemand*)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12	SR:HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber: Ditjen Cipta Karya PU, 1996

2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik ditentukan oleh banyaknya konsumen non domestik yang digunakan untuk kebutuhan kantor, tempat beribadah, niaga, industri, komersial, umum dan lain-lain. Standar kebutuhan air bersih non domestik dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Standar Kebutuhan Air Bersih Non Domestik

No	Fasilitas Non-Domestik	Presentase
1	Kebutuhan Industri	0,1 – 0,3 l/ha/hr
2	Kebutuhan Niaga	
	- Niaga Besar	5000 l/niaga/hr
	- Niaga Kecil	900 l/niaga/hr
3	Fasilitas umum (Pendidikan, kantor pemerintahan, kesehatan, dsb)	10-15% dari kebutuhan domestik
4	Kebutuhan Hotel	3 m^3 /kamar/hr

Sumber: Ditjen Cipta Karya, 2007

2.5 Sistem Penyediaan Air Minum

Suatu sistem penyediaan air mampu untuk menyediakan air yang dapat diminum dalam jumlah yang cukup merupakan hal penting bagi suatu kota besar yang modern. Sistem penyediaan air minum berdasarkan PP RI No. 122 Tahun 2015 meliputi unit air baku, unit produksi dan unit distribusi.

2.5.1 Unit Air Baku

Air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Air baku wajib memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk penyediaan air minum sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Unit air baku merupakan sarana pengambilan dan/atau penyedia air baku yang dialirkan ke unit produksi melalui pipa transmisi. Unit air baku terdiri dari bangunan penampungan air, bangunan pengambilan atau penyadapan (intake/*broncaptering*), alat pengukuran dan peralatan pemantauan, sistem perpompaan dan/atau bangunan sarana pembawa serta perlengkapannya.

2.5.1.1 Bangunan Penampungan Air

Bangunan penampungan air merupakan bangunan pengumpul air baku sebelum disalurkan ke unit produksi. Untuk penyaluran air menuju ke bak pengumpul, mayoritas menggunakan bantuan gravitasi (*elevated*), namun untuk mengalirkan air dari bak penampung menuju ke instalasi pengolahan air digunakan bantuan pompa. Waktu tinggal pada bak pengumpul air maksimal selama 30 menit, dikarenakan jika melebihi waktu tersebut akan terjadi proses sedimentasi pada unit

bak pengumpul, sehingga diperlukan *maintenance* yang berlebihan untuk mengatasi hal tersebut.

2.5.1.2 Bangunan Pengambil/penyadap

Bangunan pengambil berfungsi untuk menyediakan air baku secara terus menerus. Bangunan pengambil harus diletakkan di tempat yang mudah diakses serta didesain dan dibangun untuk memenuhi kuantitas dan kualitas tertentu dari sumber air baku yang ada (Kawamura, 1991). Secara garis besar tipe bangunan pengambilan untuk air permukaan terdiri menjadi 5 (lima) macam, yaitu SNI 7892:2012:

a. Bangunan pengambilan bebas,
b. Bangunan pengambilan dengan bendung,
c. Bangunan pengambilan ponton,
d. Bangunan pengambilan jembatan (*Intake Bridge*),
e. Saluran resapan (*Infiltration Galleries*).

Pemilihan bangunan pengambilan air permukaan:

a. Bangunan pengambilan bebas
   1) Kelengkapan pada bangunan pengambilan bebas:
      - Saringan sampah,
      - *Inlet*,
      - Bangunan pengendap,
      - Bangunan sumur atau pemompaan,
      - Pintu sorong.
   2) Pertimbangan pemilihan bangunan pengambilan bebas:
      - Fluktuasi muka air tidak terlalu besar,
      - Kedalaman air cukup untuk dapat masuk ke *inlet*,
      - Harus ditempatkan pada sungai yang lurus,
      - Alur sungai tidak berubah-ubah,
      - Kestabilan lereng sungai cukup mantap.
b. Bangunan pengambilan dengan bendung
   1) Kelengkapan pada bangunan pengambilan dengan bendung:
      - Saringan sampah,
      - Inlet,

- Bendung konvensional,
- Pintu bilas.

2) Pertimbangan pemilihan bangunan pengambilan dengan bendung:

- Kedalaman air tidak cukup untuk bangunan pengambilan bebas,
- Kandungan sedimen sungai tidak terlalu besar,
- Sungai tidak dimanfaatkan untuk transportasi,
- Palung sungai tidak terlalu lebar.

c. Bangunan pengambilan ponton

1) Kelengkapan pada bangunan pengambilan ponton:

- Bangunan terapung (perahu atau rakit),
- Ruang pompa,
- Pengamanan benturan,
- Penambat,
- Tali penambat,
- Pipa fleksibel,
- Saringan atau strainer,
- Penerangan.

2) Pertimbangan pemilihan bangunan pengambilan ponton:

- Sungai mempunyai bantaran yang cukup lebar,
- Fluktuasi muka air cukup besar,
- Kedalaman air cukup untuk penempatan pompa.

d. Bangunan pengambilan jembatan

1) Kelengkapan pada bangunan pengambilan jembatan:

- Jembatan penambat,
- Jaringan sampah,
- Ruang pompa.

2) Pertimbangan pemilihan bangunan pengambilan jembatan:

- Fluktuasi muka air tidak terlalu besar,
- Hanyutan sampah tidak banyak,
- Bantaran sungai tidak cukup lebar.
- Saluran resapan

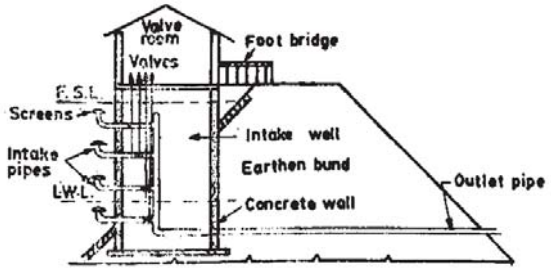
Bangunan *intake* memiliki tipe yang bermacam-macam, diantaranya adalah (Kamala dan Kanth, 1988):

- Reservoir *Intake*
- River *Intake*
- Lake *Intake*
- Canal *Intake*

1. Reservoir *Intake*

Intake reservoir terdiri dari sumur melingkar. Pada bendungan tanah, *intake* terdiri dari menara beton yang terletak di sisi air di bagian yang dalam. Pada bendungan batu atau beton, *intake* terletak di badan bendungan itu sendiri. Akses ke *intake* di bendungan tanah disediakan melalui jembatan kaki.

Intake reservoir dilengkapi dengan pipa-pipa yang diatur berdasarkan nilai. Penyaring disediakan di atas pipa-pipa untuk mencegah benda-benda terapung memasuki pipa *intake*. Lantai *intake* dijaga dibawah ketinggian air terendah reservoir sehingga air akan tersedia bahkan di musim kemarau.



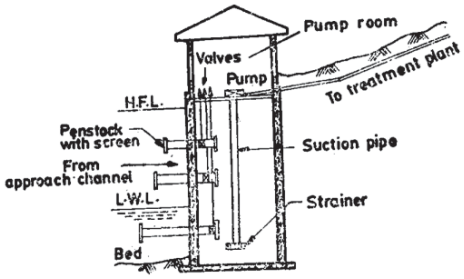
Gambar 2. 1 Reservoir *intake*

Sumber: Kamala dan Kanth, 1988

2. River *Intake*

River *Intake* terdiri dari sumur beton atau batu dengan diameter 3-6 m, dilengkapi dengan dua atau lebih pipa besar yang disebut pipa penstock. Pipa ini dilengkapi dengan katup yang mengatur air yang masuk ke saluran *intake*. Air yang terkumpul di sumur dipompa keluar dan dikirim ke instalasi pengolahan. Jika permukaan air kemungkinan akan turun di sungai selama musim panas, sebuah bendungan dibangun di seberang sungai dan air dialihkan ke *intake*. *Intake* sungai terletak di sisi hulu kota untuk menghindari kontaminasi oleh limbah atau air kotor. Terkadang pipa *intake* sederhana disediakan untuk mengambil air dari sungai. River

intake ini terdiri dari satu atau dua saringan yang disediakan sepanjang pipa untuk mencegah ikan dan benda lain masuk ke dalam pipa yang langsung terhubung ke sumur dan air yang terkumpul di sumur selanjutnya dipompa keluar untuk diolah.

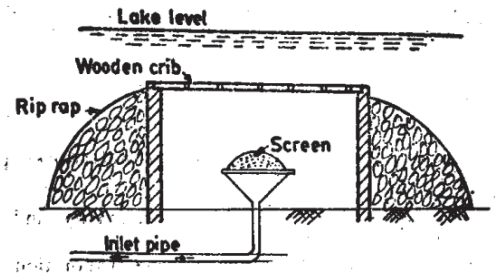


Gambar 2. 2 River *intake*

Sumber: Kamala dan Kanth. 1988

3. Lake *Intake*

Lake *Intake* sama dengan reservoir *intake*. Namun, karena kedalaman air maksimum di tengah cekungan, *intake submersible* disediakan dan terkadang disediakan di sungai juga. Lake *intake* ini terdiri dari satu atau lebih pipa bermulut lonceng yang ditempatkan di dasar danau. *Bell-mouth* ditutupi oleh layer dan seluruh susunan ditutupi oleh buaian atau sangkar persegi atau segi delapan yang terbuat dari kayu dan dilindungi oleh rip-rap (batu pecah). Air dikumpulkan di sumur bawah dan dipompa ke pabrik pengolahan. Jenis ini tidak menghalangi navigasi dan mencegah benda terapung memasuki pipa. Saat kondisi cuaca kering, semua air dapat disadap untuk digunakan.



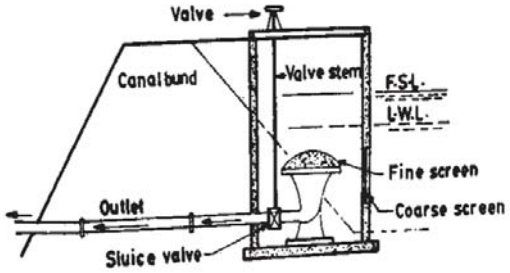
Gambar 2. 3 Lake *intake*

Sumber: Kamala dan Kanth. 1988

4. Canal *Intake*

Intake kanal terdiri dari sumur yang dibangun dengan beton. Sebuah pipa dengan *bellmouth* yang ditempatkan di dalam sumur dengan mulut terbuka ke atas. Saat

ketinggian air di saluran hampir konstan, pipa tidak disediakan pada ketinggian yang berbeda. Sebuah penyaring halus disediakan di atas *bellmouth* disediakan penyaring halus untuk mencegah ikan kecil dan benda-benda mengambang memasuki pipa. Sebuah penyaring kasar disediakan di dalam ruangan. Pipa keluar diatur melalui katup yang dioperasikan dari atas. Untuk melindungi dasar dan tepian dari erosi akibat peningkatan kecepatan air pada *intake*, dibuat *bed-pitching* dan *revetment* untuk jarak tertentu di hulu dan hilir *intake*.



Gambar 2. 4 Canal *intake*

Sumber: Kamala dan Kanth. 1988

2.5.1.3 Alat Pengukuran dan Peralatan Pemantauan

Alat pengukuran dan peralatan pemantauan berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur debit air baku. Terdapat 2 cara pengukuran debit air sungai, yaitu secara langsung dan tidak langsung.

a. Pengukuran debit air sungai secara langsung adalah pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan peralatan berupa alat pengukur arus (*current meter*), pelampung, zat warna, dll. Debit hasil pengukuran bisa langsung dihitung setelah pengukuran selesai dilakukan. Pengukuran ini biasanya dilakukan menggunakan *current meter* (alat ukur arus), dan dilakukan dengan cara merawas, dari jembatan, menggunakan perahu, menggunakan *winch cable way* dan dengan menggunakan *cable car*.
b. Pengukuran debit secara tidak langsung adalah pengukuran debit yang dilakukan dengan menggunakan rumus hidrolika misal rumus *manning* dan *chezy*. Pengukuran biasanya dilakukan dengan cara mengukur parameter hidrolis sungai yaitu luas penampang melintang sungai, keliling basah, dan kemiringan garis energi. Garis energi diperoleh dari bekas banjir yang teramati di tebing sungai.

2.5.1.4 Sistem Perpompaan

Sistem perpompaan mencakup seperangkat/beberapa peralatan pompa dan kelengkapannya yang secara teratur saling berkaitan sehingga membentuk suatu totalitas mekanisme dalam pengambilan air baku. Unit air baku tidak terlepas dari pompa. Pompa adalah mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat lain yang diinginkan. Pompa beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dalam sistem penyediaan air, secara umum pompa dan stasiun pompa berfungsi untuk hal-hal berikut (Shammas dan Wang, 2016):

- Menaikkan air dari sumbernya (*captering*), baik secara langsung maupun masih harus melalui pengolahan terlebih dahulu
- Menaikkan air dari daerah layanan yang memiliki elevasi rendah ke daerah dengan elevasi lebih tinggi
- Mengalirkan air untuk proses pengolahan air, proses cuci balik (*backwashing*) filter, pengurasan kolam pengendap, dan unit pengolahan air lainnya.

Efisiensi pompa umumnya antara 60 % sampai 85% (Noerbambang dan Morimura, 2000). Kriteria pompa air baku terdiri dari SNI 6774:2008:

- Kapasitas pompa air baku (10-20) % lebih besar dari kapasitas rencana unit paket instalasi pengolahan air
- Pompa cadangan minimal 1 buah
- Masing-masing pompa cadangan harus mempunyai jenis, tipe dan kapasitas yang sama
- Jenis dan tipe pompa air baku yaitu:
  - Jenis *sentrifugal* (tidak mudah tersumbat) dengan ketentuan yaitu memperhitungkan jarak dari sumbu pompa terhadap muka air terendah harus lebih kecil dari npsh (*net positive suction head*), pompa air baku yang bertekanan 30 m harus memiliki *impeller* tunggal, dan putaran pompa menggunakan pelumas.
  - Jenis pompa benam memiliki ketentuan yaitu dilengkapi dengan sistem *guiding bar* dan instalasi pengolahan air untuk *discharge* lengkap dengan *fitting* dan bend 90° medium untuk sambungan ke instalasi pengolahan air

transmisi air baku, menyediakan kabel khusus pompa benam, dan melakukan pengamanan sekurang-kurangnya terhadap kelembaban ruang dalam pompa dan suhu tinggi.

2.5.1.5 Bangunan Sarana Pembawa serta Perlengkapan

Perencanaan teknis unit transmisi harus mengoptimalkan jarak antara unit air baku menuju unit produksi yang berfungsi menghantarkan air dari bangunan penyadap air baku ke unit pengolahan dan atau langsung ke reservoir.

1. Aksesoris pipa dalam sistem transmisi air baku air minum antara lain sebagai berikut:
   - Katup pelepas udara, berfungsi melepaskan udara yang terakumulasi dalam pipa transmisi
   - Katup pelepas tekanan, berfungsi melepas atau mereduksi tekanan berlebih dalam pipa transmisi
   - Katup penguras (*wash-out valve*), berfungsi menguras akumulasi lumpur atau pasir dalam pipa transmisi
   - Katup ventilasi udara, berfungsi menghindari terjadinya kerusakan pada pipa dalam kondisi vakum udara.
2. Pipa/jaringan transmisi, menghubungkan unit air baku dengan unit produksi air minum. Jaringan transmisi tergantung pada topografi (perubahan elevasi) sehingga mungkin diperlukan pompa. Kriteria perencanaan pipa transmisi dapat dilihat pada **Tabel 2. 3**.

Tabel 2. 3 Kriteria Perencanaan Pipa Transmisi

Kriteria	Satuan	Nilai
Debit perencanaan (Q maks)	m^3/dtk	Kebutuhan air hari maksimum, Q max = F max x Q rata-rata
Faktor harian maksimum	-	1,1 – 1,5
Jenis saluran	-	Pipa atau saluran terbuka
Kecepatan aliran air dalam pipa		
Kecepatan minimum	m/dtk	0,3-0,6
Kecepatan maksimum	m/dtk	3,0-4,5
Pipa PVC	m/dtk	6,0
Pipa DCIP	m/dtk	6,0
Tekanan air dalam pipa		

Kriteria	Satuan	Nilai
Tekanan minimum	Atm	1
Tekanan maksimum		
Pipa PVC	Atm	6-8
Pipa DCIP	Atm	10
Pipa PE 100	mPa	12,4
Pipa PE 80	mPa	9,0
Kecepatan saluran terbuka		
Kecepatan minimum	m/dtk	0,6
Kecepatan maksimum	m/dtk	1,5
Kemiringan saluran terbuka		(0,5-1) 0/00
Tinggi bebas saluran	cm	Minimum 15
Kemiringan tebing terhadap dasar saluran	°	45 (untuk bentuk trapesium)

Sumber: Kementerian PUPR, 2016

2.5.2 Unit Produksi

Unit produksi dalam sistem penyediaan air minum merupakan prasarana dan sarana yang dapat digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum melalui proses fisik, kimiawi, dan biologi. Unit produksi dapat terdiri atas bangunan pengolahan dan perlengkapannya, perangkat operasional, alat pengukuran, peralatan pemantauan, dan bangunan penampungan air. Pemilihan unit produksi tergantung pada asal sumber air baku dan kualitasnya. Umumnya, makin buruk kualitas air baku, maka keperluan unit produksi berupa bangunan pengolahan makin kompleks (Joko, 2010).

Instalasi pengolahan air adalah sistem atau sarana yang berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel padat tersuspensi dan koloid dalam kandungan air baku sehingga menghasilkan air bersih yang layak untuk dikonsumsi. Instalasi pengolahan air terdiri dari beberapa unit pengolahan air yang biasa digunakan untuk air permukaan diantaranya adalah koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir.

2.5.2.1 Koagulasi

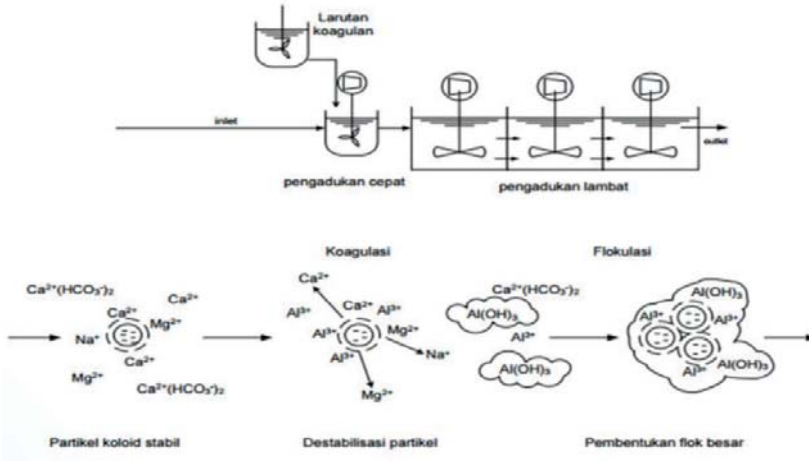
Proses koagulasi adalah penambahan zat koagulan dan pengadukan cepat (*flash mixing*). Pengadukan cepat memiliki tujuan yaitu (Saputri, 2011) :

- Untuk melarutkan koagulan;
- Untuk mendistribusikan koagulan secara merata dalam air;
- Untuk menghasilkan partikel-partikel halus sebagai inti koagulasi sebelum reaksi koagulan selesai.

Pengadukan cepat terdiri atas dua jenis yaitu mekanik dan hidrolik. Pengadukan mekanik memakai energi luar (*paddle*) sedangkan pengadukan hidrolik menggunakan efek gravitasi, sehingga terjadi besaran tinggi terjun atau kehilangan tekanan pada pipa (Joko, 2010). Kecepatan pengadukan merupakan faktor penting dalam koagulasi yang dinyatakan dengan gradien kecepatan. Gradien kecepatan (G) merupakan fungsi dari tenaga (P). Unit pengadukan hidrolik memiliki kelebihan antara lain (Droste, 1997):

- Energi pada instalasi sedikit
- Operasional mudah
- Tidak memerlukan perbaikan dan perawatan mekanis.

Proses pencampuran bahan kimia (koagulan) dengan air baku sehingga membentuk campuran yang homogen dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2. 5 Proses Koagulasi

Unit koagulasi dapat direncanakan dengan kriteria desain pada **Tabel 2.4.**

Tabel 2. 4 Kriteria Perencanaan Koagulasi (Pengaduk cepat)

Unit	Kriteria
Tipe	Hidrolis: terjunan, saluran bersekat, dalam pipa prainstalasi pengolahan air bersekat Mekanis: bilah (*blade*), pedal (*paddle*), flotasi
Waktu Pengadukan (detik)	1-5
Nilai G/detik	>750

Sumber: SNI 6774:2008

Kriteria perencanaan pembubuhan bahan kimia koagulan sebagai berikut (SNI 6774:2008):

a) Jenis koagulan yang digunakan;
   1) Aluminium sulfat, $Al_2(SO_4)_3$ .l4(H_2O) diturunkan dalam bentuk cair konsentrasi sebesar (5 - 20) %.
   2) PAC, poly aluminium chloride, kualitas PAC ditentukan oleh kadar aluminium oxide (Al2O3) yang terkait sebagai pac dengan kadar (10 - 11)%.
b) dosis koagulan ditentukan berdasarkan hasil percobaan jar test terhadap air baku
c) pembubuhan koagulan ke pengaduk cepat dapat dilakukan secara gravitasi atau pemompaan.

Kriteria perencanaan bak koagulan sebagai berikut (SNI 6774:2008):

a) Bak koagulan harus dapat menampung larutan selama 24 jam;
b) Diperlukan 2 buah bak yaitu 1 buah bak pengaduk manual atau mekanis dan 1 buah bak pembubuh;
c) Bak harus dilindungi dari pengaruh luar dan tahan terhadap bahan koagulan.

2.5.2.2 Flokulasi

Flokulasi merupakan pengadukan lambat untuk menggabungkan partikel-partikel koloid yang telah terdestabilisasi menjadi flok-flok yang dapat diendapkan pada unit pengolahan berikutnya dengan cepat (Anggraini, 2008). Pengadukan lambat digunakan dalam proses flokulasi karena (Saputri, 2011):

- Memberikan kesempatan kepada partikel flok yang sudah terbentuk inti flok untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar
- Memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil
- Mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk.

Flokulasi dicapai dengan mengaplikasikan pengadukan yang tepat untuk memperbesar flok-flok hasil koagulasi. Pengadukan pada bak koagulasi harus diatur sehingga kecepatan pengadukan semakin ke hilir semakin lambat. Hal tersebut dilakukan karena flok yang telah mencapai ukuran tertentu tidak dapat menahan gaya tarik dari aliran air dan menyebabkan flok pecah kembali, oleh sebab itu kecepatan pengadukan dan waktu detensi dibatasi. Flokulasi dapat dilakukan dengan cara pengadukan hidrolik, mekanik, dan *pneumatik*. Terdapat beberapa kategori sistem pengadukan untuk melakukan proses flokulasi ini, yaitu:

1. Flokulasi mekanis

   Flokulasi mekanis dapat dibedakan menjadi:

   - Flokulasi dengan sumbu pengaduk vertikal berbentuk turbin
   - Flokulasi dengan sumbu pengaduk horizontal berbentuk *paddle*
   - Unit-unit lain yang telah dipatenkan seperti *walking bean*, floksilator, dan NU-*treat*

2. Flokulasi hidrolis dengan sekat (*baffle channel basins*)

   Unit flokulasi hidrolis dengan sekat dibedakan atas:

   - Unit saluran flokulasi berpenyekat dengan arah aliran horizontal
   - Unit saluran flokulasi berpenyekat dengan arah aliran vertikal.

Unit flokulasi dapat direncanakan dengan kriteria desain pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Kriteria Perencanaan Flokulasi (Pengaduk Lambat)

Kriteria Umum	**Flokulator Hidrolik**	**Flokulator Mekanis**		**Flokulator *Clarifier***
		Sumbu Horizontal dengan Pedal	**Sumbu Vertikal dengan Bilah**	
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) – 5	60 (menurun) – 10	70 (menurun) – 10	100-10

Kriteria Umum	Flokulator Hidrolik	Flokulator Mekanis		Flokulator *Clarifier*
		Sumbu Horizontal dengan Pedal	Sumbu Vertikal dengan Bilah	
Waktu tinggal (menit)	30-45	30-40	20-40	20-100
Tahap flokulasi (buah)	6-10	3-6	2-4	1
Pengendalian Energi	Bukaan Pintu/ sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan Putaran	Kecepatan Aliran Air
Kecepatan aliran max. (m/detik)	0,9	0,9	1,8-2,7	1,5-0,5
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5-20	0,1-0,2	-
Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	-	1-5	8-25	-
Tinggi (m)	-	-	-	2 – 4*

Sumber: SNI 6774:2008

Keterangan: *termasuk ruang *sludge blanket*

2.6.2.3 Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Selain itu bangunan sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan flokulen yang terbentuk akibat adanya penambahan koagulasi dan flokulasi. Untuk bentuk bangunan sedimentasi secara umum meliputi:

1) Segi empat (*rectangular*): Air baku mengalir secara horizontal dari *inlet* menuju *outlet*. Partikel flokulen yang terbentuk diharapkan mengendap secara gravitasi ke zona pengendap (*settling zone*).
2) Lingkaran (*circular*): Air baku masuk melalui bagian tengah lingkaran dan secara horizontal menuju ke *outlet* di bagian keliling lingkaran. Partikel flokulen yang terbentuk mengendap secara gravitasi ke bawah.

Berdasarkan jenis proses bak sedimentasi, terdapat dua jenis settler yang biasa digunakan yaitu:

1) *Tube settler* biasa disebut dengan media sarang tawon yang merupakan peralatan pengendap *multi settler*. Tube ini dapat menambah kapasitas dan memperbaiki kualitas effluent. Semakin kecil ukuran diameter *tube* maka akan memperluas bidang pengendapan flok (Novirina, 2001)
2) *Plate Settler* merupakan keping pengendap yang dipasang pada *settling zone* (zona pengendapan) di bak sedimentasi dengan kemiringan tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan memperluas bidang pengendapan (Hendrick, 2005).

Unit sedimentasi dapat direncanakan dengan kriteria desain pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2. 6 Kriteria Perencanaan Sedimentasi

Kriteria umum	**Bak persegi (aliran horizontal)**	**Bak persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)**	**Bak bundar – (aliran vertikal – radial)**	**Bak bundar – (kontak padatan)**	**Clarifier**
Beban permukaan (m^3/m^2/jam)	0,8 – 2,5	3,8 – 7,5*)	1,3 – 1,9	2 – 3	0,5 – 1,5
Kedalaman (m)	3-6	3-6	3-5	3-6	0,5-1,0
Waktu tinggal (jam)	1,5 – 3	0,07**)	1–3	1–2	2–2,5
Lebar / panjang	> 1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah (m^3/m/jam)	< 11	< 11	3,8 – 15	7 – 15	7,2 – 10
Bilangan Reynold	< 2000	< 2000	-	-	< 2000
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)	-	max 0,15	-	-	-
Bilangan Froude	> 10^{-5}	> 10^{-5}	-	-	> 10^{-5}
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	< 1	< 1

Kriteria umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar – (aliran vertikal – radial)	Bak bundar – (kontak padatan)	Clarifier
Sirkulasi Lumpur	-	-	-	3 – 5% dari input	-

Sumber: SNI 6774:2008

Keterangan: *) luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap

**) waktu retensi pada pelat/tabung pengendap

***) pembuangan lumpur sebagian

2.6.2.4 Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pengolahan yang dilakukan dengan mengalirkan air terus melewati media filter yang disusun dari bahan - bahan butiran dengan diameter dan tebal tertentu. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut dan tak terlarut yang masih tersisa setelah pengolahan secara biologis.

Pada perencanaan instalasi pengolahan air minum umumnya digunakan adalah saringan pasir cepat dengan media ganda. Hal ini dilakukan karena filter media ganda memiliki kelebihan dibandingkan dengan filter media tunggal, yaitu waktu filtrasi yang lebih panjang, laju filtrasi yang lebih besar, kemampuan untuk memfilter air dengan turbiditas dan partikel tersuspensi yang tinggi. Bagian-bagian pada unit filtrasi yaitu (Widyastuti dan Sari, 2011):

a. Bak filter, tempat proses filtrasi berlangsung. Jumlah dan ukuran bergantung pada debit pengolahan.
b. Media filter, berfungsi sebagai media penyaringan, dimana air akan melewati pori-pori di antara media filter. Media filter yang digunakan dapat berupa *single* media, *dual* media, dan multimedia. Menurut Selintung dan Syahrir, (2012), pemilihan media filter yang akan digunakan dilakukan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif (*effective size*) dan keseragaman media yang diinginkan (*uniformity coefficient*). *Effective size* (ES) adalah ukuran media bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat dan dinyatakan sebagai d10. *Uniformity coefficient* (UC) adalah angka

keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60% fraksi berat terhadap ukuran efektif dan dinyatakan sebagai d60.

Adapun macam-macam media pengolahan filter sebagai berikut:

1. Pasir

   Pasir merupakan media penyaring yang baik dan biasa digunakan dalam proses penjernihan air dikarenakan butiran bebas yang poros, berdegradasi dan *uniformity*. Butiran pasir mempunyai pori-pori dan celah yang mampu menyerap dan menahan partikel dalam air. Selain itu, butiran pasir juga mempunyai keuntungan dalam pengadaannya mudah dan harganya relatif murah. Pasir yang digunakan harus memenuhi kualitas yang baik karena bahan penyaring akan mempengaruhi daya adsorpsi terhadap air, semakin kecil ukuran pasir struktur agregat atau kelompok mineral akan semakin rapat sehingga hasil saring akan semakin baik sampai pada batas tertentu.

2. Kerikil

   Kerikil berfungsi sebagai media penyangga dalam proses filtrasi. Media penyangga ini berfungsi untuk menahan pasir dan untuk meratakan aliran air menuju media filter (Joko, 2010). Batuan kerikil mempunyai bentuk yang tidak beraturan, tetapi ukurannya dapat disamakan melalui proses pengayakan. Diameter kerikil yang biasa digunakan antara 1-2,5 cm. Kerikil yang dipergunakan untuk media penyangga harus bersih, keras dan tahan lama.

3. Antrasit

   Antrasit adalah media filter yang berasal dari kandungan batubara, berwarna lebih mengkilat dan berfungsi untuk menghilangkan kekeruhan pada air. Antrasit memiliki berat jenis lebih ringan dari pasir silika sehingga antrasit dapat digunakan sebagai pengganti pasir silika dalam proses filtrasi atau juga dapat digunakan bersamaan pasir silika pada multimedia filter. Antrasit dapat mengangkut kekeruhan pada rongga-rongga luar dan mengangkat kotoran lebih banyak karena antrasit memiliki rongga yang lebih besar dan dapat memfilter dari atas sampai bawah.

c. Sistem *underdrain*, merupakan sistem pengaliran air yang telah melewati proses filtrasi. Letaknya berada di dasar bak, terdiri atas pipa *manifold*, pipa

lateral, dan *orifice*.

Berdasarkan laju filtrasinya, filter dibedakan menjadi saringan pasir cepat (*rapid sand filter)* dan saringan pasir lambat (*slow sand filter)*.

a. Saringan pasir cepat (*Rapid sand filter)*

Saringan pasir cepat mempunyai kecepatan 40 kali kecepatan saringan pasir lambat, dapat dicuci dan dapat digunakan koagulan kimia, sehingga efektif untuk pengolahan dengan kekeruhan tinggi. Saringan pasir cepat memiliki kelebihan dalam segi dimensi sebagai unit filtrasi yang tidak memerlukan lahan yang luas namun membutuhkan *backwash* dalam pengoperasiannya. Pencucian menggunakan *backwash* atau dialirkan dari bawah ke atas dengan memakan waktu 1 sampai 2 hari.

b. Saringan pasir lambat

Saringan pasir lambat adalah saringan secara gravitasi yang mempunyai prinsip kerja dengan mengolah air melewatkan air baku secara gravitasi melalui lapisan pasir sebagai media penyaringnya. Menurut Joko (2010), saringan pasir lambat didesain dengan penyaringan lambat, namun dapat menyaring zat pengotor hingga diameter yang lebih kecil dibandingkan dengan saringan pasir cepat. Sistem pencuciannya dengan cara *scraping* lapisan atas, namun memakan waktu hingga 1-2 bulan. Luas permukaan lebih besar dibandingkan dengan penyaringan pasir cepat.

Unit filtrasi dapat direncanakan dengan kriteria desain pada **Tabel 2.7**.

Tabel 2. 7 Kriteria Perencanaan Filtrasi (Saringan Cepat)

No	Unit	JenisSaringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	**Saringan dgn PencucianAntar Saringan**	**Saringan Bertekanan**
1.	Jumlah bak saringan	$N = 12\ Q^{0,5}$ *)	minimum 5 bak	-
2.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11	12 – 33
3.	Pencucian:			
	• Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau *surface wash*	Tanpa/dengan blower &atau *surface wash*	Tanpa/dengan blower & atau *surface wash*
	• Kecepatan (m/jam)	36 – 50	36 – 50	72 – 198

No	Unit	JenisSaringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dgn PencucianAntar Saringan	Saringan Bertekanan
	• lama pencucian (menit)	10 – 15	10 – 15	-
	• periode antara dua pencucian (jam)	18 – 24	18 – 24	-
	• ekspansi (%)	30 – 50	30 – 50	30 – 50
4.	Media pasir:			
	• tebal (mm)	300 – 700	300 – 700	300 – 700
	• singel media	600 – 700	600 – 700	600 – 700
	• media ganda	300 – 600	300 – 600	300 – 600
	• Ukuran efektif,ES (mm)	0,3 – 0,7	0,3 – 0,7	–
	• Koefisien keseragaman ,UC	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4
	• Berat jenis (kg/dm^3)	2,5 – 2,65	2,5 – 2,65	2,5 – 2,65
	• Porositas	0,4	0,4	0,4
	• Kadar SiO_2	> 95 %	> 95 %	> 95 %
5.	Media antransit :			
	• Tebal (mm)	400 – 500	400 – 500	400 – 500
	• ES (mm)	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8
	• UC	1,5	1,5	1,5
	• berat jenis (kg/dm^3)	1,35	1,35	1,35
	• porositas	0,5	0,5	0,5
6.	Filter bottom/dasar saringan			
	1)Lapisan penyangga dari atas ke bawah			
	• Kedalaman (cm)	80 –100	80 –100	-
	Ukuran butir (mm)	2 - 5	2 - 5	-
	• Kedalaman (cm)	80 – 100	80 – 100	-
	Ukuran butir (mm)	5 – 10	5 – 10	-
	• Kedalaman (cm)	80 – 100	80 – 100	-
	Ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15	-
	• Kedalaman (cm)	80 – 150	80 – 150	-
	Ukuran butir (mm)	15 - 30	15 - 30	-
	2)Filter Nozzle			
	• Lebar Slot nozzle (mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	• Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	> 4 %	> 4 %	> 4 %

Sumber: SNI 6774:2008

Catatan: *) untuk saringan dengan jenis kecepatan menurun

**) untuk saringan dengan jenis kecepatan konstan, harus dilengkapi dengan pengatur otomatis.

2.6.2.5 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses pengolahan air, yang mana proses

desinfeksi bertujuan agar kuman patogen yang ada di dalam air punah atau hilang. Bahan desinfeksi yang dipakai tidak boleh membahayakan, dapat diterima masyarakat pemakai, serta mempunyai efek desinfeksi untuk waktu yang cukup lama. Beberapa desinfeksi yang dapat dilakukan yaitu dengan:

- Desinfeksi dengan pemanasan/perebusan
- Desinfeksi dengan klorinasi
- Desinfeksi dengan radiasi sinar ultraviolet dan panas matahari
- Desinfeksi dengan ozonisasi

Desinfeksi yang sering digunakan yaitu desinfeksi dengan klorinasi. Cara ini menggunakan bahan kimia yang biasa disebut dengan desinfektan berupa senyawa klor. Senyawa ini dapat mematikan mikroorganisme dalam air karena oksigen yang terbebaskan dari senyawa asam *hypochlorous* mengoksidasi beberapa bagian yang penting dari sel-sel bakteri hingga rusak. Penambahan gas klorin ini juga dapat menghilangkan rasa yang tidak enak pada air, mengoksidasi Fe dan Mn, menghilangkan warna pada air dan menghilangkan ammonia nitrogen. Desinfeksi dengan gas klor biasanya dilakukan pada lokasi reservoir sebagai *post chlorinasi* (Joko, 2010).

Kriteria desinfektan (Standar Nasional Indonesia, 6774:2008):

a) Jenis desinfektan yang digunakan:
    1) Gas klor (Cl2), kandungan klor aktif minimal 99%;
       Kaporit atau kalsium hipoklorit (CaOCl2) x H2O kandungan klor aktif (60 - 70) %;
    2) Sodium hipoklorit (NaOCl), kandungan klor aktif 15%;
b) Dosis klor ditentukan berdasarkan dpc yaitu jumlah klor yang dikonsumsi air besarnya tergantung dari kualitas air bersih yang di produksi serta ditentukan dari sisa klor di instalasi (0,25 - 0,35) mg/l.

Pembubuhan desinfektan adalah sebagai berikut (Standar Nasional Indonesia, 6774:2008):

a. Gas klor disuntikan langsung ke instalasi pengolahan air bersih, pembubuhan gas menggunakan peralatan tertentu yang memenuhi ketentuan yang berlaku;
b. Kaporit atau sodium hipoklorit dibubuhkan ke instalasi pengolahan air bersih secara gravitasi atau mekanis.

2.6.2.6 Netralisasi

Netralisasi merupakan tahap dari pengolahan air minum untuk menyesuaikan derajat keasaman (pH) pada air (Standar Nasional Indonesia, 6774:2008). Adapun kriteria netralisan sebagai berikut (Standar Nasional Indonesia, 6774:2008):

a. Harus berupa bahan alkalin;
   1) Kapur (CaO), dibubuhkan dalam bentuk larutan dengan konsentrasi larutan 5% sampai dengan 20%;
   2) Soda abu (Na2CO3) dibubuhkan dalam bentuk larutan, dengan konsentrasi larutan 5% sampai dengan 20%;
   3) Soda api (NaOH), dibubuhkan dalam bentuk larutan, dengan konsentrasi larutan maksimum 20%;
b. Dosis bahan alkalin ditentukan berdasarkan percobaan;
c. Pembubuhan bahan alkalin secara gravitasi atau pemompaan, dibubuhkan sebelum dan atau sesudah pembubuhan koagulan
d. Bak dapat menampung larutan selama 8 jam sampai dengan 24 jam;
e. Diperlukan 2 buah bak yaitu 1 buah bak pengaduk manual atau mekanis dan 1 buah bak pembubuh;
f. Bak harus dilindungi dari pengaruh luar dan tahan terhadap beban alkalin.

2.5.3 Unit Distribusi

Unit distribusi terdiri dari sistem perpompaan, jaringan distribusi, bangunan penampungan, alat ukur dan peralatan pemantauan. Unit distribusi wajib memberikan kepastian kuantitas, kualitas air dan kontinuitas pengaliran yang memberikan jaminan pengaliran 24 jam per hari.

2.5.3.1 Reservoir

Reservoir adalah tangki penyimpanan air yang berlokasi pada instalasi air minum (Qasim, Motley dan Zhu, 2000). Reservoir memiliki arti penting dalam pendistribusian air minum. Fungsi reservoir antara lain:

a) *Equalizing Flows*, yaitu untuk menyeimbangkan aliran-aliran, sedangkan debit yang keluar bervariasi atau berfluktuasi, unsur ini diperlukan suatu penyeimbangan aliran yang selain melayani fluktuasi juga dapat dipergunakan untuk menyimpan cadangan air untuk keadaan darurat

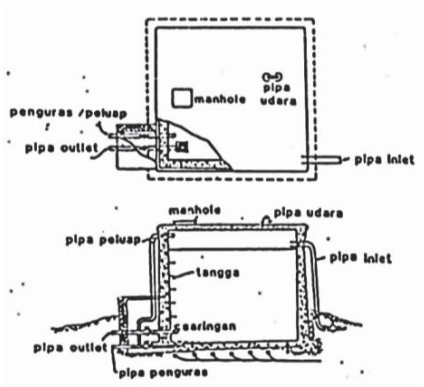
b) *Equalizing Pressure* atau menyeimbangkan tekanan, pemerataan tekanan diperlukan akibat bervariasinya pemakaian air di daerah distribusi

c) Sebagai distributor, pusat atau sumber pelayanan.

Jenis reservoir dapat dibagi berdasarkan bentuk, fungsi maupun tinggi reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya serta berdasarkan dari bahan konstruksinya. Berdasarkan tinggi relatif reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi:

- reservoir permukaan (*ground reservoir*)
- reservoir menara (*elevated reservoir*).

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



Gambar 2. 6 Reservoir Permukaan

Sumber: BPSDM PU, 2018

b) Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungan dari reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



Gambar 2. 7 Reservoir Menara

Sumber: BPSDM PU, 2018