

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Baku**

Air adalah kebutuhan utama dari seluruh proses kehidupan yang ada di bumi. Tidak adanya air di bumi maka tidak terdapat pula kehidupan. Air baku merupakan salah satu bahan dasar yang dibutuhkan dalam proses pengolahan air minum. Air baku diambil dari sumber-sumber yang telah memenuhi standar baku mutu. Penentuan sumber air baku dalam pengolahan mempertimbangkan data yang didapatkan melalui penelitian secara periodik dengan rentang 5 hingga 10 tahun (Kawamura, 1991).

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum. Sumber air baku harus tersedia dalam jumlah besar agar dapat memenuhi kebutuhan air minum daerah perencanaan. Sumber air baku yang digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air minum ini adalah air effluent dari IPAL Industri Selai dan Pewarna Kue.

Air baku merupakan bahan yang dimanfaatkan sebagai air bersih maupun air minum. Air baku berasal dari alam yang di ambil dari sumber- sumber yang sudah memenuhi standar baku mutu terlebih dahulu seperti air hujan, air tanah, air permukaan dan air laut. Air baku yang banyak digunakan adalah air tanah dan air permukaan (sungai). Proses pengolahan air baku harus disesuaikan dengan klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan, lalu di olah menjadi air bersih maupun air minum sesuai kelasnya. Pada Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum kali ini, air baku yang digunakan adalah air limbah industri hasil dari proses pengolahan air buangan (Aris, B. S., Rudi, R., & Lasarido, 2021).

- Golongan A/I : Air yang dapat digunakan sebagai air minum tanpa pengolahan terlebih dahulu
- Golongan B/II : Air yang bisa digunakan sebagai air baku air minum
- Golongan C/III : Air yang dapat digunakan untuk pertanian dan perikanan
- Golongan D/IV : Air yang dapat digunakan untuk pertanian, usaha di perkotaan, industri , dan pembangkit tenaga Listrik

### 2.1.1 Sumber Air Baku

Menurut (Droste, 1997), dalam memilih sumber air baku harus perhatikan 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. Kontruksi 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.

Sumber air baku yang dapat diolah untuk digunakan sebagai air minum adalah air tanah, air permukaan, dan effluent IPAL berikut mengenai penjelasannya yaitu:

#### 1. Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah (Kementerian Sekretariat Negara, 2004). Kecepatan aliran air tanah ini secara alami sangatlah kecil yaitu berkisar antara 1,5 m/hari - 2 m/hari (Kashef, 1987). Karakteristik geologi seperti morfologi dan jenis batuan berikut luas pelamparan serta ketebalan lapisan, berakibat pada terbentuknya struktur lapisan kedap air dan lulus air. Berdasarkan sifat fisik air tanah dengan simpanan rendah dan mutu air yang asin atau payau sehingga tidak memenuhi persyaratan air minum (Astono, 2011).

#### 2. Air Permukaan

Air permukaan merupakan air yang berada di permukaan, contohnya sungai, rawa, danau dan mata air. Sebagai sumber air baku untuk air minum, maka air permukaan harus memenuhi kualitas oksigen yang terlarut, pH yang sesuai, kandungan zat padat, kandungan bakteri, kehadiran zat beracun, temperatur dan parameter lainnya. Air permukaan yang banyak digunakan untuk sumber air baku pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau (Astono, 2011).

### 3. Effluent Instalasi Pengolahan Air Limbah

Effluent dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) telah muncul sebagai sumber air baku alternatif yang semakin penting dalam konteks pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Sumber air baku ini berasal dari air limbah yang telah melalui serangkaian proses pengolahan di IPAL, menghasilkan air dengan kualitas yang memadai untuk berbagai penggunaan. Effluent IPAL menawarkan potensi besar sebagai solusi untuk mengatasi kelangkaan air, terutama di daerah perkotaan dan industri yang menghadapi tekanan tinggi pada sumber air konvensional.

Effluent IPAL sebagai sumber air baku memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sumber air konvensional. Pertama, ketersediaannya yang relatif stabil sepanjang tahun, tidak terpengaruh oleh fluktuasi musiman seperti yang dialami sumber air permukaan atau air tanah. Kedua, penggunaan kembali effluent IPAL berkontribusi pada pengurangan beban pencemaran ke badan air penerima, yang pada akhirnya membantu menjaga kesehatan ekosistem akuatik. Ketiga, dari perspektif ekonomi, pemanfaatan effluent IPAL sebagai sumber air baku dapat mengurangi biaya pengolahan air bersih, karena sebagian besar kontaminan telah dihilangkan selama proses pengolahan air limbah.

Untuk mengatasi tantangan ini dan meningkatkan kualitas effluent IPAL sebagai sumber air baku, berbagai teknologi pengolahan lanjutan telah dikembangkan dan diterapkan. Teknologi seperti filtrasi membran (ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan reverse osmosis) telah terbukti efektif dalam menghilangkan berbagai kontaminan, termasuk patogen, partikel tersuspensi, dan bahkan kontaminan terlarut. Proses oksidasi lanjut dan desinfeksi UV juga sering digunakan untuk lebih meningkatkan kualitas mikrobiologis effluent. Dalam

beberapa kasus, kombinasi teknologi ini digunakan untuk menghasilkan air dengan kualitas yang setara atau bahkan melebihi standar air minum.

### **2.1.2 Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku**

Dalam penyediaan air baku, tentu terdapat beberapa persyaratan yang harus terpenuhi dalam air baku tersebut:

#### **1. Persyaratan Kualitas**

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut (Agustina, 2007).

- 1) Dalam persyaratan fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sama dengan suhu udara atau kurang lebih  $\pm 25^{\circ}\text{C}$
- 2) Dalam persyaratan kimia, air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat organik,  $\text{CO}_2$  agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat
- 3) Dalam persyaratan biologis, air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* dalam air
- 4) Dalam persyaratan radioaktif, ir bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif, misalnya sinar alfa, beta, dan gamma

#### **2. Persyaratan Kuantitas (Debit)**

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya (Agustina, 2007).

#### **3. Persyaratan Kontinuitas**

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam perhari atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi, kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam perhari, yaitu pada jam-jam aktivitas kehidupan sekitar pukul 06.00–18.00.

Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya dalam jumlah yang tidak ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/s. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi (Agustina, 2007).

### **2.1.3 Karakteristik Air Limbah Industri Selai dan Pewarna Kue**

Karakteristik air limbah industri bervariasi sesuai dengan jenis kegiatan dan proses produksi yang dilakukan. Setiap industri, termasuk industri selai dan pewarna kue, menghasilkan air limbah dengan ciri khas tersendiri. Untuk menentukan kualitas air limbah, digunakan parameter seperti TDS (*Total Dissolved Solids*), Total Coliform, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solids*). Standar baku mutu yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan perancangan bangunan pengolahan air minum yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 22 Tahun 2023.

#### **1. Total Dissolved Solid (TDS)**

Total padatan terlarut (TDS) adalah jumlah mineral dan kotoran yang berasal dari garam yang larut dalam air dan dapat diukur. Padatan organik berukuran kecil (mikromolekul) juga termasuk dalam TDS, sedangkan senyawa

seperti gula, alkohol, pestisida, dan padatan organik besar (makromolekul) tidak dihitung karena dapat memengaruhi rasa air. TDS digunakan sebagai indikator keberadaan kontaminan kimia serta untuk memantau pergerakan air di bawah tanah atau membangun model aliran sungai.

TDS dihitung berdasarkan jumlah material terlarut yang dapat melewati saringan berukuran lebih kecil dari 2  $\mu\text{m}$ , dengan satuan pengukuran Parts per Million (ppm), yang menunjukkan perbandingan rasio berat ion terhadap air. Kandungan TDS dalam air dapat memengaruhi rasa, misalnya menjadikan air terasa asin. Jika air dengan TDS tinggi diminum, akumulasi garam dalam ginjal dapat terjadi, yang lama-kelamaan dapat mengganggu fungsi fisiologis ginjal. Perubahan konsentrasi TDS berpotensi membahayakan karena dapat menyebabkan perubahan salinitas, komposisi ion, serta toksisitas setiap ion. Perubahan salinitas dapat mengganggu keseimbangan ekosistem air, mengurangi biodiversitas, menekan keberadaan spesies yang tidak tahan terhadap perubahan, dan meningkatkan toksisitas pada tahap-tahap kehidupan organisme akuatik (Weber-Scannell, 2007).

TDS di dalam air berasal dari berbagai sumber organik seperti lumpur, plankton, limbah industri, dan kotoran. Sumber lainnya bisa berupa limbah rumah tangga, pestisida, serta sumber anorganik seperti batuan dan udara yang mengandung kalsium bikarbonat, nitrogen, besi, fosfor, sulfur, dan mineral lainnya. Semua zat ini berbentuk garam yang merupakan kombinasi antara unsur logam dan non-logam, dan biasanya terlarut dalam air dalam bentuk ion yang bermuatan positif atau negatif (Weber-Scannell, 2007).

## **2. Total Coliform**

Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negatif. Sebagian besar bakteri total coliform adalah heterotrophic dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. Total coliform juga dapat bertahan dan bertambah banyak jumlahnya di sistem distribusi air, terutama jika kondisinya memungkinkan. Keberadaan total coliform dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air. Total coliform hanyalah sebagai indikator yang digunakan untuk mengindikasikan bahwa bisa saja terdapat mikroba lain

dalam air tersebut, misalnya mikroba patogen seperti Giardia, Cryptosporidium, E.coli, dan lain-lain (Yulianingsih, A., Djumati, I., Teknologi, J., Medis, L., & Ternate, 2019). Kandungan total coliform yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 yang dibuang ke badan air maksimal sebesar 10000 CFU/100 mL.

### **3. *Biological Oxygen Demand (BOD)***

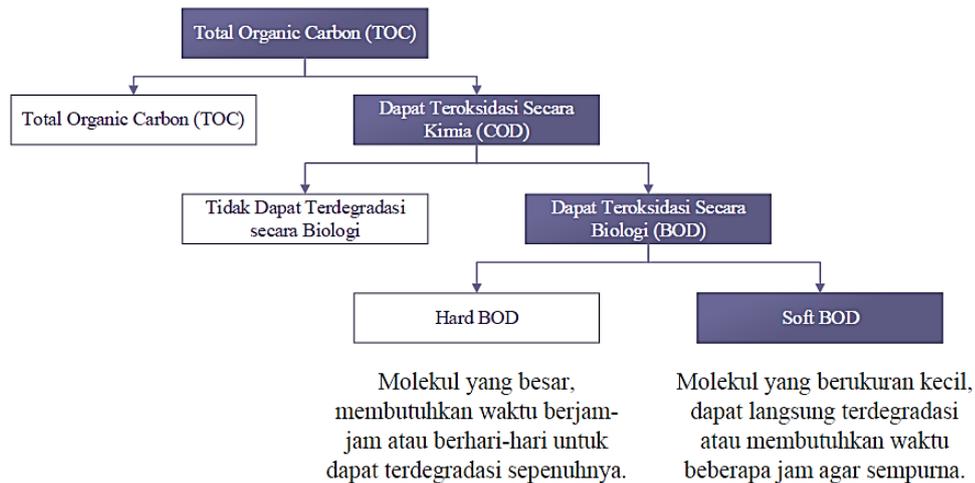
*Biological Oxygen Demand (BOD)* merupakan parameter yang digunakan untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis (*biological oxidation*) di dalam air limbah secara dekomposisi aerobik (Eddy, 2003).

Pengukuran BOD digunakan untuk mendapatkan besaran karbon organik yang dapat diuraikan secara biologis. Dalam hal ini, BOD diukur dengan menggunakan pendekatan periode 5 (lima) hari atau disebut juga dengan BOD<sub>5</sub>. Menurut Brake (1998), waktu 5 (lima) hari merepresentasikan hanya sebagian dari total BOD. Menurut Brake (1998), diperkirakan 70% material organik dapat terurai selama durasi 5 hari oleh mikroorganisme secara alami. Pada air limbah domestik dengan temperatur 20°C, materi organik dapat terurai seluruhnya (100% BOD) pada waktu setelah 20 hari (Brake, 1998). Namun, dalam kondisi tertentu, air limbah domestik dapat mengandung senyawa nitrogen organik, amonia, dan nitrit yang berpotensi membutuhkan oksigen untuk teroksidasi menjadi nitrat. Reaksi ini dapat terjadi pada hari ke-6. Oleh karena itu, BOD<sub>5</sub> dinilai lebih representatif untuk menggambarkan fenomena oksidasi materi organik di dalam air limbah domestik. BOD<sub>5</sub> juga telah menjadi metode yang disetujui dan diterapkan oleh U.S. *Environmental Protection Agency (EPA)* dalam pemantauan kualitas air limbah domestik (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018).

*Biological Oxygen Demand (BOD)* dalam air buangan industri selai dan pewarna kue ini adalah 950 mg/L, sedangkan baku mutu kandungan BOD yang ditetapkan di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 adalah sebesar 50 mg/L.

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

Adapun hubungan antar karbon organik dalam air limbah domestik dijelaskan dalam gambar 2.2 (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018):



**Gambar 2.1** Hubungan Antar Karbon Organik dalam Air Limbah Domestik

Sumber: (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018)

#### 4. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

*Chemical Oxygen Demand (COD)* atau kebutuhan oksigen kimia adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Metcalf & Eddy, I. An A. C., Asano, T., Burton, F., & Leverenz, 2007). Jika kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol sehingga tumbuhan air, ikan-ikan dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan hidup.

Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD *ultimate* meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut 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 sampel, 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 (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018). Kandungan COD yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 yang dibuang ke badan air maksimal sebesar 100 mg/L.

Hubungan antara COD dan BOD mempengaruhi proses pengolahan air limbah. Rasio BOD/COD dari air limbah optimal untuk pengolahan biologis adalah berkisar dari 0.1 sampai 0.8. Rasio BOD/COD optimal yang didapatkan pada proses Aerob berada pada rasio 0,1, proses Fakultatif pada rasio 0,2 dan proses Anaerob yaitu rasio 0,2. Semua rasio sebenarnya dapat dipakai tetapi apabila dilihat dari efisiensi yang paling baik adalah proses aerob dengan rasio BOD/COD awal 0,1 sehingga dikatakan rasio yang paling optimal (Putri, A. R., Samudro, G., & Handayani, 2012).

#### **5. Total Suspended Solid (TSS)**

Total padatan ada berbagai macam antara lain padatan terendap, padatan tersuspensi dan padatan terlarut. Padatan terendap adalah padatan dalam limbah cair yang mengendap pada dasar dalam waktu 1 jam. Padatan ini biasanya diukur pada kerucut imhoff berskala dan dilaporkan sebagai ml padatan terendap per liter. Padatan terendap merupakan indikator jumlah padatan limbah yang akan mengendap pada alat penjernih dan kolam pengendapan. *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan sebagian dari *Total Solids* yang tertahan pada filter dengan ukuran pori yang telah ditetapkan, pengukuran dilakukan setelah dikeringkan pada suhu 105°C. Filter yang paling sering digunakan untuk penentuan TSS adalah filter *Whatman fiber glass* yang memiliki ukuran pori nominal sekitar 1,58µm. (Eddy, 2003)

Padatan tersuspensi merupakan senyawa bentuk padat yang berada dalam kondisi tersuspensi dalam air. Padatan tersebut kemungkinan berasal mineral-mineral misalnya pasir yang sangat halus, silt, lempung, atau berasal dari zat

organik asam vulvat yang merupakan hasil penguraian jasad tumbuh-tumbuhan atau binatang yang telah mati. Di samping itu, padatan tersuspensi ini dapat berasal dari mikroorganisme misalnya plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. Semua elemen- elemen tersebut umumnya menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (N. I. Said, 2017).

Zat terlarut (*dissolved substances*) yakni semua senyawa yang larut dalam air, dengan ukuran kurang dari beberapa nanometer. Senyawa- senyawa ini umumnya berupa ion positif atau ion negatif. Selain itu juga termasuk gas-gas yang terlarut misalnya oksigen, karbon dioksida, *hydrogen sulfide*, dan lain-lain (N. I. Said, 2017).

*Total Suspended Solid* dalam air buangan industri selai dan pewarna kue ini adalah 280 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kadar padatan yang tersuspensi (TSS) yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 200 mg/L.

#### 2.1.4 Standar Kualitas Air Minum

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 tahun 2023 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum (Kementerian Kesehatan RI, 2023a). Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Berikut adalah tabel baku mutu dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 tahun 2023.

**Tabel 2.1** Parameter wajib air minum

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
Fisik				
3	Suhu	Suhu udara $\pm 3$	$^{\circ}\text{C}$	SNI/APHA
4	<i>Total Dissolved Solid</i>	<300	Mg/L	SNI/APHA
5	Kekeruhan	<3	NTU	SNI/APHA

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum	Satuan	Metode Pengujian
6	Warna	10	TCU	SNI/APHA
7	Bau	Tidak berbau	-	APHA
Kimia				
8	pH	6,5 – 8,5	-	SNI/APHA
9	Nitrat (terlarut)	20	mg/L	SNI/APHA
10	Nitrit (terlarut)	3	mg/L	SNI/APHA
11	Kromium valensi 6 (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/APHA
12	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI/APHA
13	Mangan (Mn) (terlarut)	0,1	mg/L	SNI/APHA
14	Sisa Klor (terlarut)	0,2 – 0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/L	SNI/APHA
15	Arsen (As) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/APHA
16	Kadmium (Cd) (terlarut)	0,003	mg/L	SNI/APHA
17	Timbal (Pb) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/APHA
18	Flouride (F) (terlarut)	1,5	mg/L	SNI/APHA
19	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI/APHA

(Sumber: Lampiran PerMenKes No. 2 Tahun 2023)

Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas satu, 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, 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 sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

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

## **2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum**

Bangunan pengolahan air buangan adalah unit yang dirancang untuk mengurangi beban pencemar yang terdapat pada air buangan atau limbah. Beban pencemar yang dimaksud adalah partikel-partikel berbahaya, BOD, COD, organisme patogen, komponen beracun dan bahan lainnya yang memiliki sifat beracun dan berpotensi menimbulkan penyakit pada manusia atau organisme lainnya. Bangunan pengolahan air limbah harus dirancang dengan baik agar dapat menurunkan beban pencemar secara efektif.

Dalam proses pengolahan air limbah menjadi air minum dibagi menjadi tiga tahapan yaitu:

1. Pengolahan Pendahuluan (*Pre-treatment*)
2. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)
3. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

### **2.2.1 Intake**

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Penempatan bangunan pengambilan (*intake*) harus memenuhi persyaratan, yaitu sebagai berikut.

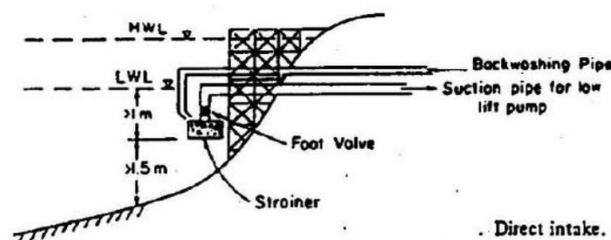
1. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain)
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain)

3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (*uplift*)
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 serta letaknya harus memperhitungkan 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
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar

Jenis-Jenis Bangunan Intake, Menurut Kawamura (2000), 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.



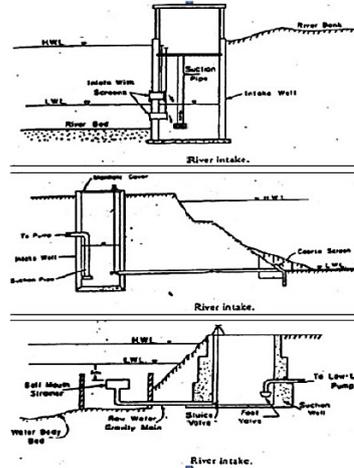
**Gambar 2.2** *Direct Intake*

Sumber: (Kawamura, 2000)

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

1. River intake

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

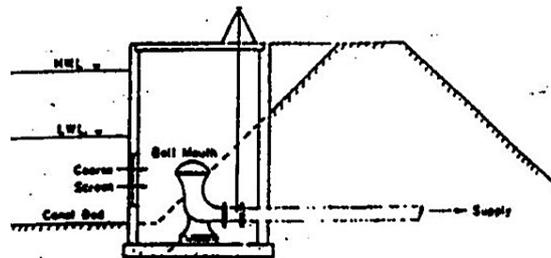


**Gambar 2.3 River Intake**

Sumber: (Kawamura, 2000)

2. *Canal intake*

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

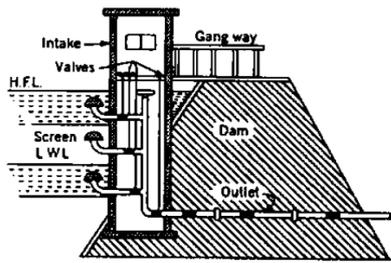


**Gambar 2.4 River Intake**

Sumber: (Kawamura, 2000)

3. *Reservoir intake*

Digunakan untuk air yang berasal dari dam (bendungan) dan dengan mudah menggunakan menara intake. Menara intake dengan dam dibuat terpisah dan diletakkan di bagian hulu. Untuk mengatasi fluktuasi level muka air, maka inlet dengan beberapa level diletakkan pada menara.



**Gambar 2.5** *Reservoir Intake*

Sumber: (Kawamura, 2000)

4. *Spring intake*  
Digunakan untuk air baku dari mata air/air tanah.
5. *Intake tower*  
Digunakan untuk air permukaan di mana kedalaman air berada di atas level tertentu.
6. *Gate intake/penstock gates*  
Berfungsi sebagai screen dan merupakan pintu air pada prasedimentasi.

**Tabel 2.2** Rumus dalam perhitungan *intake*

No	Deskripsi	Rumus	Keterangan
1	Rumus umum kecepatan (V)	$V = \frac{Q \text{ pipa intake}}{A}$	V = kecepatan (m/dt) Q = debit (m <sup>3</sup> /dt) A = luas penampang (m <sup>2</sup> )
2	Jumlah jarak <i>bar</i> pada <i>screen</i> (N)	$N = \frac{L_{\text{screen}}}{W \text{ bar screen}}$	$L_{\text{screen}}$ = lebar <i>screen</i> (m) $W_{\text{bar screen}}$ = jarak antarbar (cm)
3	Jumlah bar (n)	$N = n - 1$	N = jumlah jarak bar pada <i>screen</i>
4	Area terbuka	$A = L - (n \times W)$	L = luas area total (m <sup>2</sup> ) W = jarak antarbar (cm) n = jumlah bar
5	<i>Headloss</i> akibat kecepatan ( $H_v$ )	$H_v = \frac{V^2}{2g}$	$H_v$ = <i>headloss</i> (m) V = kecepatan (m/dt) g = percepatan gravitasi (m <sup>2</sup> /dt)

No	Deskripsi	Rumus	Keterangan
6	<i>Headloss</i> melalui <i>screen</i> ( $H_{f\text{screen}}$ )	$H_{f\text{screen}} = \beta \frac{V_{\text{air}}^2 - V_{\text{screen}}^2}{2g}$	$\beta$ = faktor bentuk kisi $V_{\text{air}}$ = kecepatan sebelum melalui <i>screen</i> $V_{\text{screen}}$ = kecepatan setelah melalui <i>screen</i> $g$ = percepatan gravitasi ( $\text{m}^2/\text{dt}$ )
7	<i>Mayor losses</i> dalam pipa menurut Hazen-William ( $H_f$ )	$H_f = \left( \frac{L \times Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85}$	$H_f$ = <i>major losses</i> (m) $L$ = panjang pipa (m) $Q$ = debit (L/dt) $D$ = diameter pipa (cm) $C$ = koefisien kekasaran pipa ( $C = 130$ untuk pipa baru)
8	Luas penampang pipa ( $A$ )	$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$	$D$ = diameter pipa (m)
9	Diameter pipa inlet	$D = \left( \frac{4 \times A}{\pi} \right)^{0,5}$	$D$ = diameter pipa (m) $A$ = luas penampang ( $\text{m}^2$ )
10	Jumlah kisi pada <i>bar screen</i>	$D = n \times d \times (n+1) \times r$	$n$ = jumlah kisi $d$ = lebar batang kisi (m) $r$ = jarak antarkisi (m) $D$ = lebar <i>screen</i> (m)
11	<i>Headlosses minor</i> ( $H_m$ )	$H_m = K \times \frac{v^2}{2g}$	$H_m$ = <i>minor losses</i> (m) $k$ = koefisien kehilangan energi $v$ = kecepatan (m/s) $g$ = percepatan gravitasi ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

**Tabel 2.3** Faktor *minor losses bar*

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

Sumber: (Qasim, S. R., Motley, E. M., & Zhu, 2000)

**Tabel 2.4** Nilai koefisien kekasaran pipa *Hazen Williams*

<b>Bentuk Bar</b>	<b>Nilai</b>
<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: (Evelt, 1987)

**Tabel 2.5** Nilai K untuk kehilangan energi

<b>Valve, Fittings, and Specials</b>	<b>K value</b>
<i>Entrance, suction bell (32 in) 81 cm</i>	0,004
<i>90° 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>90° 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, S. R., Motley, E. M., & Zhu, 2000)

### 2.2.2 Bak Penampung

Bak penampung merupakan komponen penting dalam sistem pengolahan air. Fungsi utamanya adalah untuk menampung air baku sebelum diolah lebih lanjut, menyeimbangkan fluktuasi aliran, dan sebagai cadangan air (Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, 2003).

Desain bak penampung harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti kapasitas, waktu detensi, dan material konstruksi. Kapasitas bak umumnya didesain untuk menampung kebutuhan air 1-3 hari (Kawamura, 2000). Waktu detensi yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan kualitas air akibat pertumbuhan mikroorganisme (Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, 2012).

Bak penampung juga berperan dalam proses pengendapan awal untuk mengurangi beban padatan tersuspensi. Efisiensi pengendapan dapat ditingkatkan dengan penambahan baffle atau sekat (Shammas et al., 2005).

Pemilihan material konstruksi perlu mempertimbangkan aspek durabilitas dan kontaminasi. Beton merupakan material yang umum digunakan karena kekuatannya, namun perlu dilapisi untuk mencegah korosi dan pelarutan senyawa dari beton ke air.

Pemeliharaan rutin seperti pembersihan dan pemeriksaan struktur sangat penting untuk menjaga fungsi dan kualitas air dalam bak penampung (American Water Works Association, 2011).

Rumus perhitungan yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut:

1. Volume bak penampung (*Asurface*)

$$V = Q \times td$$

Keterangan:

$$V = \text{Volume bak penampung (m}^3\text{)}$$

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

$$td = \text{waktu detensi (s)}$$

2. Dimensi bak penampung

$$V = L \times B \times H$$

Keterangan:

$$V = \text{volume bak penampung (m}^3\text{)}$$

$$L = \text{panjang bak penampung (m)}$$

$$B = \text{lebar bak penampung (m)}$$

$$H = \text{kedalaman bak penampung (m)}$$

3. Ketinggian total bak penampung (*Across*)

$$H_{total} = H + (10\% - 30\% \times H)$$

Keterangan:

$$H_{total} = \text{kedalaman bak (m)}$$

$$H = \text{ketinggian air dalam bak penampung (m)}$$

$$\text{Freeboard} = 5\% - 30\%$$

### 2.2.3 Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi (UF) adalah salah satu teknologi membran yang semakin banyak digunakan dalam pengolahan air dan air limbah. Proses ini menggunakan membran semipermeabel dengan ukuran pori berkisar antara 0,1-0,01  $\mu\text{m}$  untuk memisahkan partikel, mikroorganisme, dan makromolekul dari air (Sutzkover-Gutman & Hasson, 2010).

Ultrafiltrasi (UF) merupakan jenis membran semipermeabel yang digunakan dalam proses filtrasi dengan pori-pori yang lebih besar daripada membran RO. Prinsip kerja membran UF melibatkan tekanan hidrostatis yang diterapkan pada air atau larutan yang akan diproses. Air atau larutan tersebut mengalir melalui permukaan membran dan partikel-partikel yang lebih besar daripada ukuran pori membran akan ditahan.

**Tabel 2.6** Keunggulan dan Kekurangan dari Unit Ultrafiltrasi

Unit	Keunggulan	Kekurangan
Ultrafiltrasi	Efektivitas tinggi dalam menghilangkan partikel tersuspensi, bakteri, dan virus (Guo et al., 2010)	Fouling membran yang dapat mengurangi efisiensi proses (Guo et al., 2010)
	Kualitas air hasil olahan yang konsisten tanpa memerlukan bahan kimia tambahan (Huang et al., 2009)	Fouling membran yang dapat meningkatkan biaya operasional (Guo et al., 2010)
	Kebutuhan ruang yang lebih kecil dibandingkan dengan metode pengolahan konvensional (Pearce, 2007)	

Dalam aplikasinya, UF telah terbukti efektif untuk berbagai jenis pengolahan air, termasuk:

1. Produksi air minum: UF dapat menghilangkan patogen dan menghasilkan air yang aman untuk dikonsumsi (Peter-Varbanets et al., 2009).

2. Pengolahan air limbah: UF digunakan sebagai pre-treatment sebelum proses desalinasi atau sebagai pengolahan tersier untuk air limbah (Zheng et al., 2009).
3. Daur ulang air: UF memungkinkan penggunaan kembali air limbah untuk irigasi atau keperluan industri (Wintgens et al., 2005).

Perkembangan terbaru dalam teknologi UF meliputi pengembangan membran dengan performa tinggi dan tahan fouling, serta optimasi desain sistem untuk meningkatkan efisiensi energi (Chew et al., 2016).

#### **2.2.4 Ion Exchange**

Ion exchange merupakan proses penting dalam pengolahan air yang melibatkan pertukaran ion antara fase padat (resin) dan fase cair (air). Metode ini efektif untuk menghilangkan berbagai kontaminan ionik seperti kesadahan, nitrat, dan logam berat dari air (Wachinski, 2016).

Resin ion exchange merupakan bahan yang digunakan dalam proses pertukaran ion, suatu metode pengolahan air yang efektif untuk menghilangkan ion-ion tertentu dari air. Resin ion exchange memainkan peran penting untuk pengolahan air, penghapusan ion polutan dan pemisahan ion (Li, et al., 2016). Resin terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu kation dan anion. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses pertukaran ion yaitu pH, kecepatan aliran, konsentrasi ion terlarut, dan tinggi media penukar ion.

Proses pertukaran ion (ion exchange) efektif dalam mengurangi *Total Dissolved Solids* (TDS) pada air yang mengandung padatan terlarut dengan menggantikan ion-ion terlarut yang tidak diinginkan dengan ion-ion yang lebih tidak berbahaya. Prinsip dasar ion exchange melibatkan resin yang bermuatan yang menarik dan menahan ion-ion tertentu dari air, sambil melepaskan ion-ion lain yang kurang berbahaya. Proses ini reversibel, memungkinkan regenerasi resin untuk penggunaan berkelanjutan (Inamuddin dan Luqman M., 2012).

Dalam pengolahan air minum, ion exchange sering digunakan untuk pelunakan air, menghilangkan ion kalsium dan magnesium yang menyebabkan kesadahan. Selain itu, teknik ini juga efektif dalam menghilangkan nitrat, yang merupakan kontaminan umum dalam air tanah akibat aktivitas pertanian (Bhatnagar, A. & M., 2011).

Ion exchange juga memainkan peran penting dalam pengolahan air limbah industri. Metode ini dapat menghilangkan logam berat seperti timbal, kadmium, dan tembaga dengan efisiensi tinggi, membantu industri memenuhi standar pembuangan air limbah yang ketat (Fu, 2011).

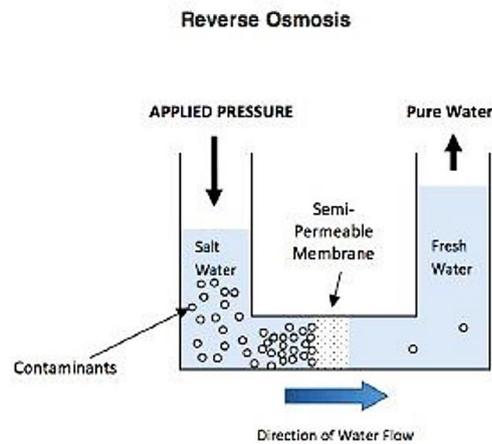
Meskipun efektif, ion exchange memiliki beberapa tantangan. Biaya awal yang tinggi untuk resin dan peralatan, serta kebutuhan regenerasi resin secara berkala, dapat menjadi pertimbangan ekonomi yang signifikan. Selain itu, pembuangan larutan regenerasi yang mengandung konsentrasi tinggi kontaminan yang dihilangkan juga memerlukan penanganan khusus (Arar, Ö., Yüksel, Ü., Kabay, N., & Yüksel, 2014).

Inovasi terbaru dalam teknologi ion exchange meliputi pengembangan resin selektif yang lebih efisien dan tahan lama, serta integrasi dengan teknologi membran untuk meningkatkan kinerja keseluruhan sistem pengolahan air.

### **2.2.5 Reverse Osmosis**

Reverse osmosis (RO) telah menjadi salah satu teknologi pengolahan air yang paling efektif dan banyak digunakan dalam beberapa dekade terakhir. Metode ini memanfaatkan prinsip osmosis terbalik untuk memisahkan kontaminan dari air dengan menggunakan tekanan tinggi dan membran semi-permeable (Greenlee, L. F., Lawler, D. f., Freeman, B. D., Marrot, B., and Moulin, 2009).

RO mampu menghilangkan berbagai jenis kontaminan, termasuk garam terlarut, mikroorganisme, dan senyawa organik. Efisiensi penghilangan kontaminan oleh sistem RO dapat mencapai lebih dari 99% untuk banyak jenis polutan (Fritzmann, C., J., Löwenberg, T., Wintgens, and T., 2007). Hal ini menjadikan RO sebagai pilihan utama untuk desalinasi air laut, pengolahan air limbah, dan produksi air minum berkualitas tinggi.



**Gambar 2.6** Proses kerja unit *reverse osmosis*

Meskipun efektif, RO juga memiliki beberapa tantangan. Salah satunya adalah fouling membran, yang dapat mengurangi efisiensi dan umur pakai sistem (Jiang, S., Li, Y., & Ladewig, 2017). Untuk mengatasi hal ini, berbagai metode pretreatment dan pembersihan membran telah dikembangkan.

Perkembangan terbaru dalam teknologi RO meliputi pengembangan membran baru dengan permeabilitas lebih tinggi dan lebih tahan fouling, serta optimasi desain sistem untuk meningkatkan efisiensi energi (Shaffer, D. L., Werber, J. R., Jaramillo, H., Lin, S., & Elimelech, 2015). Inovasi-inovasi ini diharapkan dapat semakin meningkatkan kinerja dan keberlanjutan sistem RO di masa depan.

### **Anti-Scalant**

Anti-scalant adalah bahan kimia yang ditambahkan ke dalam air umpan sistem RO untuk mencegah pembentukan kerak (*scaling*) pada permukaan membran. Kerak ini umumnya terdiri dari mineral seperti kalsium karbonat, kalsium sulfat, atau silika, yang dapat mengendap pada membran ketika konsentrasinya meningkat selama proses RO (Jiang, S., Li, Y., & Ladewig, 2017).

Fungsi utama anti-scalant adalah mengganggu proses kristalisasi dan pertumbuhan kristal, sehingga mencegah pembentukan kerak pada membran. Ini dilakukan melalui beberapa mekanisme, termasuk penghambatan pertumbuhan kristal, modifikasi struktur kristal, dan dispersi partikel (Jiang, S., Li, Y., & Ladewig, 2017).

Penggunaan anti-scalant yang efektif dapat meningkatkan kinerja sistem RO dengan:

1. Memperpanjang umur membrane
2. Mempertahankan fluks air yang tinggi
3. Mengurangi frekuensi pembersihan membrane
4. Meningkatkan efisiensi energi sistem

Pemilihan jenis dan dosis anti-scalant yang tepat sangat penting dan tergantung pada komposisi air umpan, kondisi operasi sistem, dan jenis membran yang digunakan (Jiang, S., Li, Y., & Ladewig, 2017).

Perkembangan terbaru dalam teknologi anti-scalant meliputi pengembangan bahan yang lebih ramah lingkungan dan efektif pada konsentrasi yang lebih rendah. Beberapa penelitian juga fokus pada kombinasi anti-scalant dengan bahan lain untuk meningkatkan efektivitasnya dalam mencegah fouling membran (Jiang, S., Li, Y., & Ladewig, 2017).

#### **2.2.6 Desinfeksi**

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

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

1. Menghilangkan bau.
2. Mematikan alga.
3. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat.
4. Mengoksidasi ammonia menjadi senyama amin.

5. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya.

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah:

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

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode desinfeksi dengan gas klor. Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m<sup>3</sup> air, tergantung pada turbiditas air (Park, H. B., Freeman, B. D., Zhang, Z. B., Sankir, M., & Mcgrath, 2008).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (M. Said, 2009).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl<sub>2</sub>) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer, C. N., Mccarty, P. L., & Parkin, 2003).

### **2.2.7 Reservoir**

Reservoir pengolahan air minum merupakan komponen penting dalam sistem penyediaan air bersih. Fungsi utamanya adalah menyimpan air yang telah diolah sebelum didistribusikan ke konsumen. Selain itu, reservoir juga berperan dalam menjaga tekanan air yang stabil dan sebagai cadangan air saat terjadi fluktuasi permintaan atau keadaan darurat (Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, 2012). Reservoir adalah tempat

penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari Reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air.

Dalam perancangan kali ini menggunakan Reservoir Menara dimana seluruh bagian penampungan dari Reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



**Gambar 2.7** Reservoir Menara

Sumber: <http://aladintirta.blogspot.com>

Berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis Reservoir dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

1) Reservoir Tangki Baja

Banyak Reservoir menara dan “*standpipe*” atau Reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau dilas. Karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “*Cathodic Protection*”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



**Gambar 2.8** Reservoir Tangki Baja

Sumber: <http://aladintirta.blogspot.com>

## 2) Reservoir Beton Cor

Tanki dan Reservoir beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahan beton adalah biaya konstruksi yang relatif lebih tinggi.

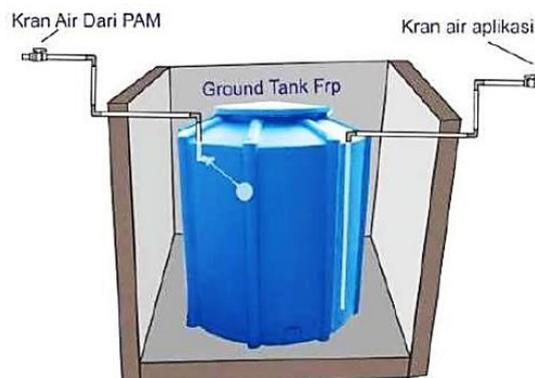


**Gambar 2.9** Reservoir Beton Cor

Sumber: <http://aladintirta.blogspot.com>

## 3) Reservoir *Fiberglass*

Penggunaan *fiberglass* sebagai bahan untuk membuat Reservoir memiliki beberapa kelebihan seperti ringan, tekstur dinding tanki kaku dan terlihat kuat. Namun dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang dimiliki yaitu rentan terhadap benturan dan dinding tanki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.



**Gambar 2.10** Reservoir *Fiberglass*

Sumber: <http://www.garudajaya.com>

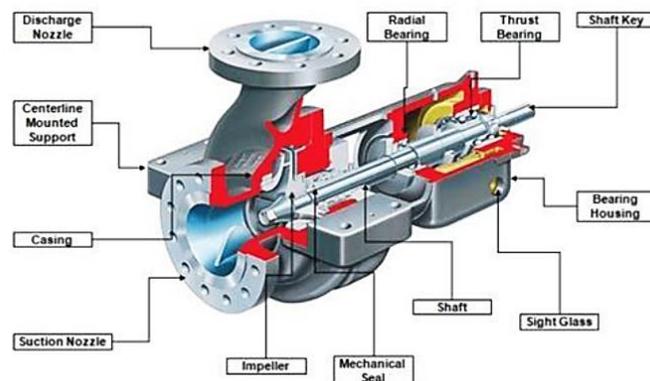
## 2.3 Aksesoris Perancangan Bangunan

### 1. Pompa

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan digunakan untuk mengatasi hambatan pengaliran yang berupa perbedaan tekanan, ketinggian, atau hambatan gesek. Pada prinsipnya pompa dapat mengubah energi mekanik menjadi energi aliran fluida, energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui. Pompa memiliki dua kegunaan, yaitu untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lainnya dan untuk mensirkulasikan cairan sekitar sistim. Pompa sendiri memiliki bermacam-macam jenis, yaitu:

#### 1) *Sentrifugal Pump*

*Sentrifugal Pump* merupakan pompa dengan susunan atas sebuah impeller dan saluran inlet di tengah-tengahnya. Ketika impeller berputar, fluida akan mengalir menuju casing di sekitar impeller sebagai akibat dari gaya sentrifugal. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar daripada pompa *positive-displacement*.



**Gambar 2.11** *Sentrifugal Pump*

Sumber: Pengertian Pompa Sentrifugal Manfaat, Cara Kerja dan Keunggulannya  
(serviceacjogja.pro)

## 2) *Rotary Pump*

*Rotary Pump* adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap fluida masuk. Keuntungan dari pompa ini adalah efisiensi yang tinggi karena secara natural dapat mengeluarkan udara dari pipa alirannya, serta dapat mengurangi kebutuhan pengguna untuk mengeluarkan udara tersebut secara manual. Dan untuk kelemahan dari pompa ini adalah apabila pompa bekerja pada kecepatan yang terlalu tinggi, maka fluida kerjanya justru dapat menyebabkan erosi pada sudut-sudut pompa.



**Gambar 2.12** Rotary Pump

Sumber: Rotary displacement pumps | The Best Chemical Handling Pumps - IWAKI (iwakipumps.jp)

## 3) *Gear Pump*

*Gear Pump* merupakan jenis pompa roda gigi positif yang dapat memindahkan cairan dengan berulang kali menutup volume tetap menggunakan roda gigi yang saling mengunci, dan mentransfernya secara mekanis menggunakan pemompaan siklik yang memberikan aliran pulsa-halus mulus sebanding dengan kecepatan rotasi gir-nya.

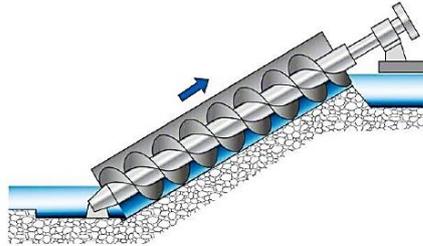


**Gambar 2.13** Gear Pump

Sumber: Chemical gear pumps GM-V series | The Best Chemical Handling Pumps - IWAKI (iwakipumps.jp)

#### 4) *Screw Pump*

*Screw Pump* merupakan pompa yang di gunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitive terhadap geseran dan cairan yang mudah berbusa. Perisin kerja Screw di temukan oleh seorang engineer prancis bernama Rene Moneau, sehinga sering di sebut juga dengan *Moneau pump*.



**Gambar 2.14** *Screw Pump*

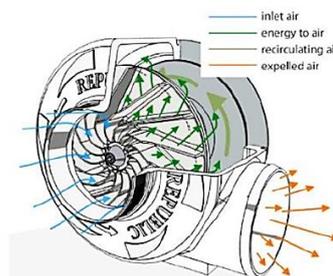
Sumber: (Archimedean screw pump (ksb.com))

#### 2. *Blower*

*Blower* merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan dan sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. *Blower* juga merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir melebihi dari 40 psig. Menurut klasifikasinya blower dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

##### 1) *Blower Sentrifugal*

*Blower Sentrifugal* merupakan blower dengan memiliki impeller yang dapat berputar hingga 15.000 rpm. Blower sentrifugal dapat beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm<sup>2</sup>.



**Gambar 2.15** *Blower Sentrifugal*

Sumber: Mesin dan Proses: Prinsip Kerja Blower Centrifugal

(sarmansilverius.blogspot.com)

## 2) *Blower Positive Displacement*

*Blower Positive Displacement* merupakan *blower* yang memiliki rotor yang menjebak udara dan mendorongnya melalui rumah blower. *Blower* ini menyediakan volume udara yang konstan bahkan jika tekanan system nya bervariasi. Blower ini berputar lebih pelan daripada *blower* sentrifugal hanya 3.600 rpm. Dan sering digerakkan oleh *belt* untuk memfasilitasi perubahan kecepatan.



**Gambar 2.16** Blower Positive Displacement

Sumber: Positive Displacement Blower series GM | Contact AERZEN FRANCE  
(industry-plaza.com)

## 3. Pipa

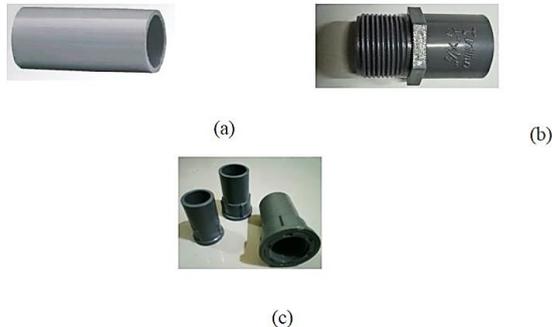
Dalam membangun sebuah sistem jaringan saluran air yang ideal maka dibutuhkan dukungan aksesoris pipa yang tepat. Fungsi dari aksesoris pipa adalah untuk membangun jalur belokan, membangun jalur percabangan, mendukung metode penyambungan, dan menyambung antar pipa. Adapun aksesoris yang dimiliki pipa terdiri dari:

### 1) *Shock* pipa/*Socket*

*Shock* pipa/*Socket* merupakan aksesoris untuk menyambung pipa yang bertujuan untuk memperpanjang pipa dengan menyambung lurus satu pipa dengan pipa lainnya. Aksesoris ini biasa digunakan untuk menyambung pipa dengan diameter yang sama, dengan ulir yang berada di dalam. *Shock* pipa terbagi menjadi beberapa jenis seperti:

- *Shock* pipa PVC polos, yang digunakan untuk menyambung dua pipa PVC dengan ujungnya tidak ada ulir atau drat.
- *Shock* pipa drat luar, pada kedua ujung *shock* nya memiliki ulir/drat. *Shock* pipa jenis ini biasanya dikombinasikan dengan *shock* pipa drat dalam.

- *Shock* pipa drat dalam, pada kedua ujung shock nya memiliki ulir/drat. Shock pipa jenis ini biasanya dikombinasikan dengan shock pipa drat luar ataupun konektor penyambung selang.



**Gambar 2.17** (a) shock pipa polos (b) Shock pipa drat luar (c) shock pipa drat dalam

Sumber: Mengenal Jenis Jenis Aksesoris Pipa PVC yang Digunakan PDAM - Mengalir hingga jauh (mengalirjauh.blogspot.com)

### 2) *Elbow*

*Elbow* merupakan aksesoris perpipaan yang memiliki bentuk mirip dengan huruf “L” atau berbentuk siku (*Elbow*). Aksesoris ini berfungsi untuk membelokkan aliran. Aksesoris ini memiliki kombinasi sudut bervariasi yang paling sering dipakai adalah 90° dan 45°.



**Gambar 2.18** Elbow 90° dan 45°

Sumber: (1.5 "Female Female Ulir Pipe Fitting Elbow Moonshine Stainless Steel 90/45 Degree|Pipa| - AliExpress)

### 3) *Tee*

*Tee* merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk membagi aliran lurus menjadi dua arah, ke kanan dan kiri. Seperti namanya aksesoris *tee* berbentuk

seperti huruf “T”, namun ada beberapa kasus Tee berbentuk seperti huruf “Y”, banyak orang menyebutnya Y-Branch.



**Gambar 2.19** (a) Tee bentuk T (b) Y branch

Sumber: (√ Harga RUCIKA Y-Branch (D-Y) 3 Inch Terbaru | Bhinneka)

#### 4) Reducer

*Reducer* merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menyambung dua pipa dengan diameter berbeda. Reducer ini terbagi menjadi dua tipe, yakni reducer elbow untuk membelokkan aliran dan reducer socket untuk memperpanjang pipa dengan sambungan lurus.



**Gambar 2.20** Reducer

Sumber: (PVC Pipe Fittings / TS Fittings / Reducing Socket from MISUMI | MISUMI (misumi-ec.com))

#### 5) Dop/plug/cap/clean out

*Dop/plug/cap/clean out* merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menutup saluran pipa pada ujung pipa yang tidak dihubungkan lagi. Cap adalah penutup yang lebih simpel dari yang lain, Plug adalah penutup yang sangat rapat dengan sistem ulir/drat, clean out adalah penutup yang dapat ditutup dan dibuka sesuka hati. Namun kebanyakan kontraktor memilih untuk menutup ujung pipa dengan kran, agar sewaktu-waktu ujung pipa dapat digunakan dan bermanfaat.



**Gambar 2.21** *Dop/plug/cap/clean out*

Sumber: (PVC Pipe Plug, Size: 3/4 inch at Rs 10/piece in Vadodara | ID: 16895420588 (indiamart.com))

## 2.4 Persen Removal

Berdasarkan studi literatur yang telah dikumpulkan, diperoleh rangkuman presentase penyisihan untuk unit pengolahan beserta keseluruhan parameter dalam air sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air minum yang telah direncanakan. Berikut rangkuman presentase penyisihan air beserta sumber yang tertera.

**Tabel 2.7** Persen Removal Unit Pengolahan Air Minum Industri Selai dan Pewarna Kue

Unit Pengolahan	Beban Pencemar	%Removal	Sumber/Literatur
Ultrafiltrasi	TDS	15% - 50%	Mackenzie L. Davis. <i>Water and Waste Water Engineering</i> . Halaman 12-13.
<i>Ion Exchange</i>	TDS	70% - 95%	Qasim & Guang Zhu. 2018. <i>Wastewater Treatment and Reuse</i> . Vol. 1. Halaman 279
<i>Reverse Osmosis</i>	TDS	90% - 99%	Reynolds/Richards 2nd. <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i> . Halaman 404
	BOD	90% - 100%	Qasim & Guang Zhu. 2018. <i>Wastewater Treatment and Reuse</i> . Vol. 1. Halaman 279
	COD	90% - 100%	
	TSS	90% - 100%	
Desinfeksi	Total Coliform	90% - 100%	Droste. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i> . Halaman 224

## 2.5 Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “*hidrolik grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (*influent-effluent*) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi 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-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut: (Purwanti, 2015)

### 1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

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

- 1) Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- 2) Kehilangan tekanan pada bak
- 3) Kehilangan tekanan pada pintu air
- 4) Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus dihitung

### 2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada saluran terbuka berbeda dengan cara menghitung saluran tertutup. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris ada beberapa macam, yaitu:

- 1) Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris
- 2) Kehilangan tekanan pada perpipaan
- 3) Kehilangan tekanan pada aksesoris
- 4) Kehilangan tekanan pada pompa.

### 3. Tinggi Muka Air

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

- 1) Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- 2) Tambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
- 3) Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama
- 4) Jika tinggi muka air bangunan selanjutnya lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa untuk menaikkan air.

#### 4. Pompa

Pemompaan digunakan untuk mengalirkan air limbah ke unit pengolahan selanjutnya. Pompa disesuaikan dengan spesifikasi debit yang digunakan.