

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Bersih

Air bersih merupakan air yang memiliki ciri secara fisik jernih dan tidak memiliki bau yang digunakan untuk keperluan sehari-hari. Air bersih merupakan salah satu sumber daya yang dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan mereka sehari-hari. Kebutuhan sehari-hari yang dimaksud yaitu seperti untuk kebutuhan rumah tangga memasak, mencuci pakaian, mencuci peralatan, keperluan industry, transportasi, dan kebutuhan lainnya. Sumber air bersih memiliki batasan-batasan sehingga dapat dikatakan bersih dan aman, yaitu (Fadul, 2019) :

1. Bebas kontaminasi kuman dan pathogen
2. Bebas kandungan kimia berbahaya dan beracun
3. Tidak memiliki rasa dan bau
4. Dapat mencukupi kebutuhan domestik rumah tangga
5. Memenuhi standar yang ditentukan oleh WHI (World Health Organization) atau Kementerian Kesehatan RI.

Ketersediaan air bersih harus memenuhi kuantitas, kualitas, dan kontinuitas. Air bersih yang digunakan untuk kebutuhan hygiene sanitasi merupakan air yang berbeda dengan air yang digunakan untuk kebutuhan air minum (Permenkes No. 2 Tahun 2023, 2023). Air bersih didefinisikan sebagai air yang aman, sehat, baik untuk diminum, tidak memiliki warna, bau, dan berasa segar (Suripin, 2002).

2.2 Sumber Air Baku

Air baku merupakan air yang digunakan sebagai bahan dasar untuk diolah sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan air minum, peternakan, industry, hygiene sanitasi, dan lainnya (Batam, 2017). Air baku memiliki berbagai klasifikasi kelas sehingga sebelum melakukan pengolahan harus diketahui terlebih dahulu klasifikasi air baku yang akan digunakan. Terdapat beberapa sumber air baku yang dapat diolah menjadi air bersih hingga air minum, yaitu (Ajiputra, 2022):

1. Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan yang letaknya di bawah permukaan tanah. Air tanah ini terdapat pada lapisan tanah yang bernama akuifer yaitu lapisan tanah yang berfungsi sebagai pembawa air tanah dan tempat penyimpanan air tanah. Air tanah ini umumnya memiliki sifat payau.

2. Air Permukaan

Air permukaan merupakan air yang berada di atas tanah atau biasanya berbentuk mata air, Sungai, danau, lahan basah, atau laut. Air permukaan secara alami dapat berasal dari air hujan yang melalui proses presipitasi dan berkurang secara alami melalui rembesan dan penguapan.

3. Air Daur Ulang

Daur ulang air limbah adalah upaya pemrosesan air buangan yang berasal dari air buangan industri sehingga dapat digunakan kembali sesuai kebutuhan. Penggunaan daur ulang air limbah sudah banyak digunakan untuk suplai pertanian dan irigasi, suplai air minum, mengisi air tanah, proses industri, dan restorasi lingkungan. Sumber air ini harus memenuhi baku mutu air yang sesuai untuk peruntukannya (Hernaningsih, 2021).

2.3 Syarat Air Baku

2.3.1 Kuantitas (Debit)

Persyaratan ini ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Dalam artian air baku bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah penduduk yang dilayani. Kuantitas juga ditinjau dari besarnya debit air yang akan dialirkan ke konsumen sesuai dengan kebutuhan .

2.3.2 Kualitas

Air bersih idealnya adalah jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Air bersih juga tidak boleh mengandung patogen dan bahan kimia berbahaya beracun yang dapat mengganggu Kesehatan tubuh manusia. Air seharusnya tidak bersifat korosif dan tidak meninggalkan endapan pada jaringan distribusi nantinya.

1. Fisik

Secara fisik air harus bersih jernih, tidak memiliki warna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu yang sama dengan suhu udara atau sekitar 25°C.

2. Kimia

Air bersih harus bebas dari bahan kimia dalam jumlah yang melebihi baku mutu. Persyaratan pH, total solid, zat organik, CO₂, kesadahan, kalsium (C), besi (Fe), mangan (Mg), tembaga (Cu), seng (Zn), klor (Cl), nitrit, flour (F), dan logam berat.

3. Biologi

Air bersih harus bebas dari kandungan pathogen dan parasite yang dapat mengganggu Kesehatan manusia. Biasanya ditandai dengan bakteri E. coli.

4. Radioaktif

Air bersih harus bebas dari zat radioaktif misalnya ditemukan sinar alfa, beta, serta gamma.

2.3.3 Kontinuitas

Air baku untuk air bersih harus bisa diambil dalam jangka waktu yang lama atau terus menerus dengan besar debit yang relative stabil dan tetap baik pada saat musim hujan maupun musim kemarau. Bisa juga diartikan sebagai air baku harus terus tersedia selama 24 jam tiap harinya. Akan tetapi, hal tersebut sanagt sulit dicapai sehingga dalam menentukan tingkat kontinuitas dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktivitas konsumen terhadap penggunaan air. Penggunaan air minimal 12 jam per harinya pada pukul 06.00 – 18.00.

2.4 Karakteristik Air Baku

Dalam tahapan pengolahan air baku menjadi air yang siap digunakan dibutuhkan karakteristik air baku yang akan digunakan sehingga dapat ditentukan proses pengolahan yang tepat sesuai dengan baku mutu. Berikut ini karakteristik yang terdapat pada air baku, antara lain :

2.4.1 Bau

Air harus bebas dari bau karena tidak estetik dan sebagai pemberi petunjuk terkait kualitas air. Contohnya, bau amis yang disebabkan oleh adanya kandungan alga dalam air (Effendi, 2003).

2.4.2 Rasa

Air tidak memiliki rasa atau tawar. Air yang memiliki rasa bisa diindikasikan memiliki kandungan zat yang berbahaya. Efek yang ditimbulkan tergantung dari rasa yang dihasilkan karena setiap rasa yang dihasilkan memiliki kandungan zat yang berbeda (Effendi, 2003).

2.4.3 Suhu

Suhu air sebaiknya sesuai dengan suhu udara yaitu sekitar 25°C. Hal ini agar tidak terjadi proses pelarutan dan reaksi dari zat kimia yang ada pada saluran, menghambat reaksi biokimia yang terjadi, dan menghambat mikroorganisme patogen berkembang biak (Effendi, 2003).

2.4.4 Warna

Air sebaiknya tidak berwarna, warna yang muncul pada air biasanya disebabkan oleh kandungan tannin dan asam humat. Selain itu, apabila zat organik dalam air terkena klorin bisa menghasilkan senyawa chloroform yang beracun. Selain itu, warna juga bisa berasal dari hasil buangan industri (Effendi, 2003).

2.4.5 Kekeruhan

Air yang keruh adalah air yang mengandung banyak partikel atau bahan tersuspensi baik yang bersifat organik maupun anorganik sehingga akan memberikan warna keruh. Zat anorganik dapat berasal dari hasil pelapukan batuan dan logam. Sedangkan zat organik penyebab kekeruhan bisa berasal dari hasil pelapukan tumbuhan atau hewan. Zat organik yang terdapat dalam air merupakan makanan bagi bakteri sehingga bakteri akan berkembang biak dan pertumbuhannya tersebut akan menyebabkan air semakin keruh. Selain itu, buangan industri juga dapat menyebabkan kekeruhan pada air. Air yang memiliki kekeruhan tinggi akan sulit untuk didisinfeksi karena mikroba akan dilindungi oleh zat yang tersuspensi di dalam air (Effendi, 2003).

2.4.6 TSS (*Total Suspended Solid*)

Zat yang tersuspensi merupakan materi yang mempunyai ukuran yang lebih kecil dibanding molekul atau ion yang terlarut. Zat yang tersuspensi ini digolongkan menjadi dua jenis yaitu koloid dan padat. Zat padat yang tersuspensi bisa diendapkan apabila keadaan air tenang atau bisa mengapung jika memiliki berat yang sangat ringan. Sebaliknya, koloid merupakan zat yang sulit mengendap dan tidak dapat disaring menggunakan filter. Kandungan TSS dalam air ini dapat menyebabkan Cahaya yang masuk ke dalam air akan terhalang sehingga organisme yang membutuhkan Cahaya akan mati dan ekosistem akuatik akan terganggu. Apabila TSS yang terkandung dalam air memiliki kadar yang tinggi maka pembentukan endapan akan menghambat saluran dan pendangkalan (Dewinda, 2022).

2.4.7 TKN (*Total Kjeldahl Nitrogen*)

TKN adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi banyaknya nitrogen organik yang terkandung dalam suatu bahan. Dalam air limbah nitrogen dapat berbentuk protein, ammonia, nitrit, dan nitrat (Ibrahim et al., 2009).

2.4.8 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD atau *Chemical Oxygen Demand* merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air atau untuk berlangsungnya proses biokimia (Atima, 2015). Prinsip pengukuran COD yaitu dengan cara mengoksidasi bahan organik dalam air menggunakan kalium bikromat sebagai sumber oksigen menjadi karbon dioksida, air, dan sejumlah ion krom.

2.4.9 Amonia (NH₃)

Amonia merupakan senyawa kimia yang diperlukan sebagai sumber energi dalam proses nitrifikasi bakteri aerobik. Ammonia dapat dibagi menjadi dua bentuk yaitu ammonia yang terionisasi memiliki racun yang tinggi dan ammonia yang tidak terionisasi memiliki kadar racun rendah. Racun ammonia akan meningkat pada saat oksigen larut rendah. Pada air ammonia akan menimbulkan bau yang menyengat (Zulkarnain, 2023).

2.4.10 pH

pH atau *Power of Hydrogen* adalah salah satu parameter yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan oleh suatu larutan. pH ini menunjukkan konsentrasi ion hydrogen dalam air (Effendi, 2003). Rentang pH yang sesuai untuk kebutuhan air bersih berkisar 6-9. pH dapat diukur menggunakan alat pH meter atau kertas pH serta indikator warna.

2.5 Baku Mutu Air Minum

2.5.1 Kelas Air

Kelas air merupakan peringkat kualitas air yang dinilai layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukan tertentu. Tolok ukur mutu air untuk setiap mutu air biasa disebut dengan kriteria mutu air. Klasifikasi mutu air dapat digolongkan menjadi 4 kelas, yaitu (Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, 2001) :

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

Dengan rincian baku mutu masing-masing kelas air sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VI Baku Mutu Air Nasional.

2.5.2 Baku Mutu

Baku mutu merupakan ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar ditenggang keberadaannya sehingga baku mutu air adalah batas atau tenggang zat pencemar dalam air yang diperbolehkan. Baku mutu air minum diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

2.6 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.6.1 Bak Penampung

Bak penampung berfungsi menampung air setelah melalui proses penyaringan awal dan intake. Bak penampung ini memiliki fungsi sebagai penyeimbang sehingga debit air yang masuk ke dalam unit instalasi pengolahan dalam keadaan stabil. Perhitungan bak penampung untuk mengetahui dimensi yang akan digunakan dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2014):

1. Volume Bak Penampung

$$V = td \times Q$$

Keterangan :

V = volume sumur pengumpul (m^3)

Q = debit air baku (m^3/det)

td = waktu detensi (det)

2. Dimensi Bak Penampung

$$V = L \times W \times H$$

Keterangan :

L = panjang bak (m)

W = lebar bak (m)

H = tinggi bak (m)

3. Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{B \times H}{B + 2H}$$

Keterangan :

R = Jari-jari hidrolis (m/m)

B = lebar bak (m)

H = tinggi bak (m)

4. Slope (s)

$$S = \left(\frac{n \times v}{R^{\frac{2}{3}}}\right)^2$$

5. Headloss (Hf)

$$H_f = S \times L$$

Keterangan :

Hf = headloss (m)

S = Slope bangunan (m/m)

L = panjang bak (m)

2.6.2 Aerasi

Aerasi merupakan proses pengolahan air dengan cara menginjeksi oksigen ke dalam air. Injeksi oksigen yang dilakukan adalah upaya untuk mendegradasi zat pencemar yang ada di dalam air. Sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan terdegradasi seluruhnya (Yuniarti et al., 2019). Efektifitas aerasi tergantung pada seberapa luas permukaan air yang melakukan kontak dengan udara. Fungsi aerasi adalah melarutkan oksigen ke dalam air dan melepaskan kandungan gas yang terlarut dalam air. Aerasi biasanya digunakan untuk menyisihkan kandungan gas terlarut, besi, mangan, dan reduksi ammonia melalui proses nitrifikasi (Yuniarti et al., 2019).

Pelarutan oksigen dalam air terjadi melalui tiga tahap yaitu gas oksigen dari udara menuju permukaan film kemudian akan berdifusi ke dalam massa air. Tekanan oksigen di udara akan membawa oksigen ke dalam air hingga tekanan oksigen di dalam air sama dengan tekanan oksigen dalam atmosfer. Ketika tekanan oksigen di dalam air dan atmosfer sama maka Gerakan Gerakan molekul oksigen dari atmosfer menuju air akan berhenti (Bahri et al., 2014).

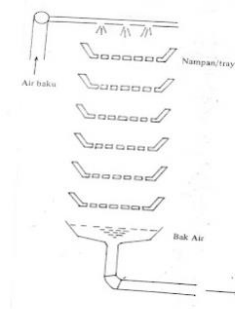
Terdapat beberapa jenis aerasi yang digunakan yaitu aerasi menggunakan diffuser dan aerasi dengan cara mekanik. Aerasi dengan diffuser atau *diffused air aeration* perpindahan dan pencampuran oksigen terjadi ketika gelembung udara yang berasal dari diffuser berpori atau tidak berpori yang ditempatkan di bagian bawah tangki naik ke permukaan. Pada aerator udara bertekanan disuplai oleh

diffuser. Perpindahan oksigen terjadi karena adanya turbulensi. Selain itu, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keefektifan proses aerasi seperti ukuran gelembung, laju suplai udara, pengaturan diffuser, kedalaman, turbulensi, dan tegangan permukaan cairan (Qasim & Zhu, 2017).

Aerasi dengan cara mekanik adalah aerasi yang menggunakan proses pengadukan dengan alat sehingga memungkinkan terjadinya kontak antara air dan udara. Aspirator akan menarik udara melalui tabung berongga dan Gerakan pada baling-baling akan menghasilkan turbulensi dan akan menciptakan gelembung halus. Berikut ini merupakan macam metode aerasi, yaitu:

1. *Waterfall Aerator*

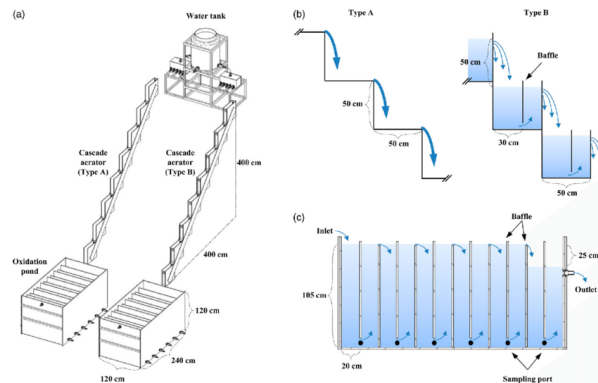
Aerator ini terdiri atas 4-8 susun dengan dasar yang penuh dengan lubang berjarak 30-50 cm. Melalui pipa yang berlubang air akan dibagi secara merata melalui atas susunan sehingga timbul percikan air yang akan turun ke bawah dengan kecepatan $0,02 \text{ m/det/m}^2$ permukaan tray. Susunan tray dapat dibuat dari lempengan absetos cement yang memiliki lubang, pipa plastik berdiameter kecil, atau lempengan kayu.



Gambar 2.1 *Waterfall Aeration*

2. *Cascade Aerator*

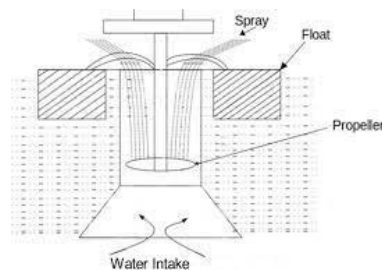
Aerotor ini berbentuk tangga atau berundak yang terdiri dari 4-6 step dengan ketinggian kira-kira 30 cm kapasitas ketebalan $0,01 \text{ m}^3/\text{det}/\text{m}^2$. Dibandingkan dengan *waterfall* aerator, *cascade* aerator lebih memerlukan ruang yang luas. Sedangkan, untuk keuntungannya adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



Gambar 2.2 *Cascade Aerator*

3. *Spray Aerator*

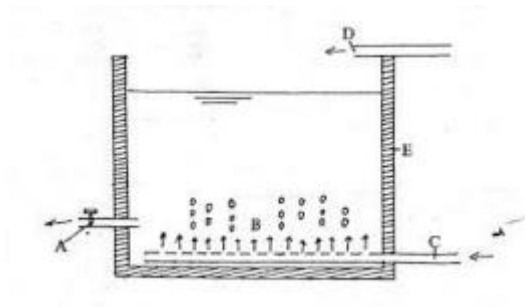
Aerator ini terdiri atas nosel penyemprot yang dihubungkan dengan kisi lempengan. Air akan disemprotkan ke udara pada kecepatan 5-7 m/detik. Air akan keluar ke arah bawah melalui batang pendek dari pipa yang memiliki Panjang 25 cm dan berdiameter 15-20 mm. piringan melingkar diletakkan pada beberapa sentimeter di bawah ujung pipa sehingga bisa membentuk selaput air tipis yang akan menyebar menjadi tetesan air halus.



Gambar 2.3 *Spray Aerator*

4. Aerator Gelembung Udara

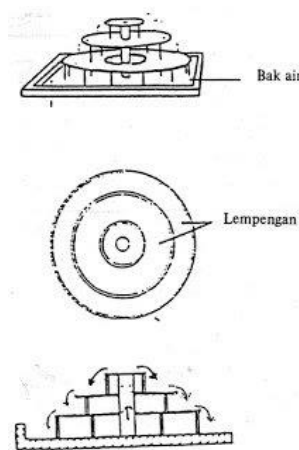
Bubble aerator yang digunakan pada aerator gelembung untuk proses aerasi tidak banyak. Udara akan diinjeksi melalui dasar bak air yang akan dilakukan proses aerasi.



Gambar 2.4 Arator Gelembung Udara

5. Aerator Plat Form Aerator

Aerator ini menggunakan lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara sempurna antara udara dengan air.



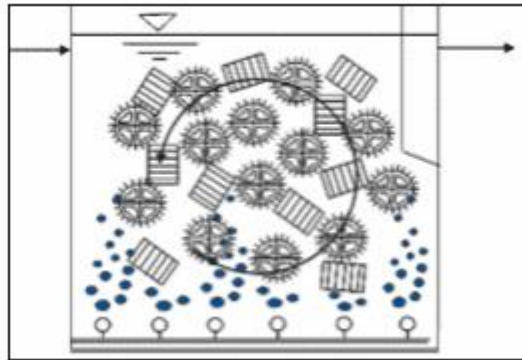
Gambar 2.5 Multiple Plat Form Aerator

2.6.3 Moving Bed Bio Reactor (MBBR)

Moving Bed Bio Reactor merupakan pengolahan air tingkat lanjut yang menggabungkan proses lumpur aktif konvensional dan biofilter dengan memanfaatkan biomassa tersuspensi dan biomassa melekat. *High Density Polyethylene* (HDPE) biasanya digunakan untuk media perlekatan yang nantinya akan ditambahkan ke tangka sehingga biofilm akan terbentuk dan tumbuh. Pengolahan menggunakan MBBR ini dapat dilakukan secara aerobic, anoxic, or anaerobik (Santos et al., 2020).

Proses MBBR menggunakan media biologis yang memiliki nilai densitas mendekati nilai densitas air sehingga dijaga dalam sispensi dengn minimum energi

pencampuran. Energi untuk proses pencampuran dihasilkan oleh aerasi atau pencampuran secara mekanis. Mikroorganisme yang terbentuk pada proses ini memiliki berbagai bentuk dan ukuran yang cukup besar pada luas permukaan tertentu sehingga media pendukung nantinya dapat tertahan di dalam reactor dengan bantuan filter (Lariyah et al., 2016).



Gambar 2.6 Sistem Reaktor MBBR Aerobik

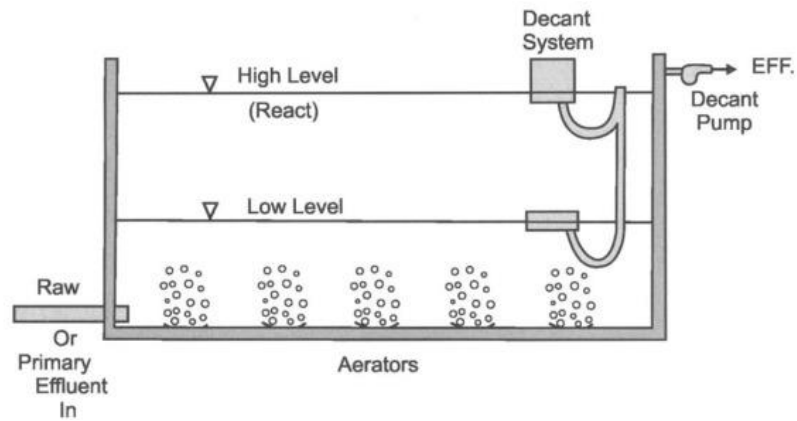
Proses pengisian volume reactor dengan media pendukung dapat ditentukan berdasarkan kualitas air sehingga unit ini memberikan fleksibilitas desain. Pengisian maksimum dapat dilakukan sekitar 70% dari volume. Hal ini dilakukan agar memungkinkan pergerakan media pendukung (Safwat, 2019). Terdapat beberapa kelebihan yang dimiliki oleh MBBR yaitu seperti biomassa yang tinggi, efisien terhadap COD, toleransi tinggi terhadap dampak pembebanan, reactor yang relative kecil, dan tidak ada *bulking* lumpur (R.P et al., 2013).

Teknologi ini dapat berkerja secara efisien dengan berbagai macam beban inorganic dan organic. MBBR bekerja efisien untuk *meremoval* COD dengan kisaran 60% – 90%, BOD 75% – 97%, TKN 40% - 85% (Barwal & Chaudhary, 2014).

2.6.4 Sequencing Batch Reactor (SBR)

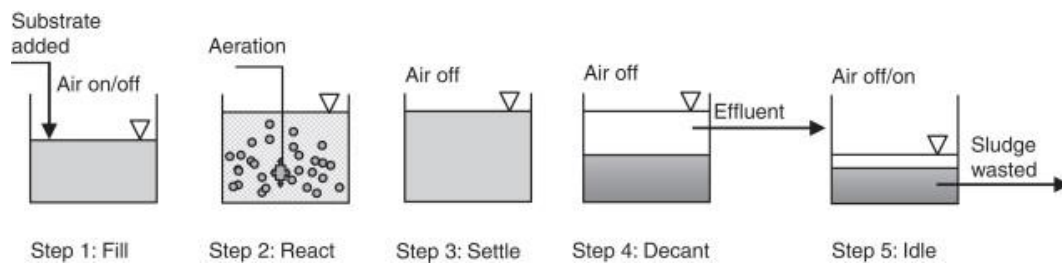
Sequencing batch reactor (SBR) adalah salah satu sistem lumpur aktif dalam pengolahan air. Dalam sistem ini, air limbah akan diolah untuk menyisahkan parameter pencemar. Proses ekualisasi, aerasi, dan penguraian dapat dilakukan pada sistem *batch reactor* ini. Perbedaan unit ini dengan lumpur aktif konvensional adalah SBR melakukan ekualisasi, pengolahan biologis, dan proses pengolahan

sekunder dalam satu tangka menggunakan rangkaian control yang memiliki jangka waktu. SBR dalam beberapa kasus juga digunakan sebagai pengolahan primer. Sedangkan dalam proses lumpur aktif konvensional beberapa proses hanya dapat dilakukan menggunakan tangki terpisah.



Gambar 2.7 Proses *Sequencing Batch Reactor*

Aliran proses pengolahan dari unit SBR dimulai dari saluran influen yang akan membawa air masuk ke dalam reaktor, reaktor berisi biomassa yang disesuaikan dengan parameter pencemar yang terkandung di dalam air limbah. Setelah reaktor penuh maka akan dilakukan pengolahan seperti pengolahan pada lumpur aktif konvensional, tetapi tanpa aliran influen dan efluen yang kontinyu. Proses aerasi dan pencampuran akan dihentikan setelah reaksi biologis selesai, biomassa mengendap, dan supernatan hasil pengolahan telah dihilangkan.



Gambar 2.8 Siklus Operasi *Sequencing Batch Reactor*

SBR biasanya digunakan pada laju aliran 5 MGD atau kurang. Sistem SBR ini relative membutuhkan lahan yang kecil sehingga dapat digunakan untuk wilayah yang memiliki lahan terbatas. Siklus dalam sistem ini juga dapat dengan mudah

dimodifikasi untuk menghilangkan nutrisi sehingga membuat SBR sangat fleksibel untuk beradaptasi dengan perubahan nutrisi yang terkandung dalam air limbah.

Kriteria desain dari *Sequencing Batch Reactor* yaitu dapat dilakukan dengan menentukan influen limbah yang akan diolah. Parameter yang mempengaruhi desain SBR adalah debit aliran, BOD₅ maksimum, TSS, pH, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), Ammonia Nitrogen (NH₃-N), dan Total Phosphor (TP). Jika terdapat kebutuhan untuk menyisihkan nutrisi, NH₃-N, dan TKN maka diperlukan proses nitrifikasi. Jika terdapat ketentuan batasan Total Nitrogen (TN) maka diperlukan proses nitrifikasi dan denitrifikasi.

Tabel 2.1 Kriteria Desain sequencing Batch Reactor

	Municipal	Industrial
Food to Mass (F:M)	0,15 – 0,4 / day	0,15 – 0,6 / day
Treatment Cycle Duration	4.0 hours	4.0 – 24 hours
Typically Low Water Level Mixed Liquor SS	2.000 – 2.500 mg/L	2.000 – 4.000 mg/L
Hydraulic Retention Time	6 – 14 hours	Varies

(Sumber: United States Environmental Protection Agency, 1999)

2.6.5 Filtrasi

Proses filtrasi merupakan suatu proses dimana air akan dilewatkan pada kombinasi media filtrasi untuk mendapatkan kualitas air yang lebih baik. Filtrasi digunakan untuk menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid. Hal ini disebabkan oleh partikel tersuspensi dan koloid yang tidak dapat mengendap pada proses sedimentasi. Selain itu, bakteri dan sejenisnya juga dapat dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses ini dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi dan mangan yang terkandung dalam air. Dalam proses filtrasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penyisihan bahan pencemar, antara lain:

1. Proses penyaringan di setiap lapisan permukaan filter
2. Proses sedimentasi di dalam filter

3. Kontak antar partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang terkumpul pada lapisan filter
4. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
5. Proses koagulasi di dalam filter
6. Proses biologis di dalam filter
7. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

Pada prinsipnya, partikel tersuspensi yang memiliki ukuran besar akan tertahan di atas lapisan pasir. Namun, jika ukuran partikel kecil maka akan sulit untuk dihilangkan karena lolos pada lapisan pasir. Kemudian, pada lapisan kerikil jarak antara kerikil memiliki kegunaan sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi dan juga sebagai media penyaring partikel flok yang belum terremoval maksimal pada bak sedimentasi.

Terdapat beberapa jenis pengolahan filtrasi yang biasanya digunakan yaitu *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya. Proses purifikasi air *rapid sand filters* memiliki hasil effluent lebih baik dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kelebihan menggunakan *rapid sand filters* adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitive terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu pengolahan relative cepat. Akan tetapi, *rapid sand filters* juga memiliki kekurangan yaitu tidak dapat mengurangi kadar bakteri yang terkandung dalam air, membutuhkan biaya yang relative tinggi, dan membutuhkan keahlian khusus dalam pengoperasiaannya.

Media filtrasi bisa tersusun atas pasir silika, antrasit, dan pasir garnet. Bentuk dan komposisi sebagai dasar pemilihan media yang akan digunakan perlu dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan akan digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk menentukan ukuran efektif.

Effective Size (ES) atau ukuran efektif adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat. *Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang

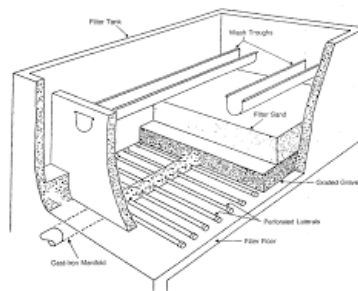
dinyatak dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60% fraksi berat terhadap ukuran. Berikut kebutuhan untuk *rapid sand filter*,

Single media pasir : $UC = 1,3 - 1,7$

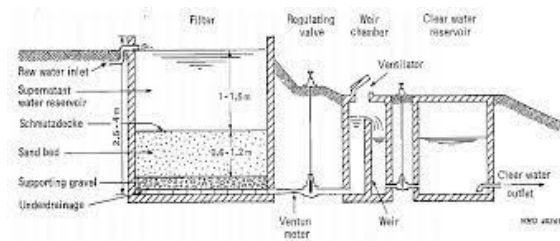
$ES = 0,45 - 0,7 \text{ mm}$

Dual media : $UC = 1,4 - 1,9$

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



Gambar 2.9 *Rapid Sand Filter*



Gambar 2.10 *Slow Sand Filters*

Tabel 2.2 Kriteria Perencanaan Unit Filtrasi

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0,5}$	Minumum 5 bak	-
2	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11	12 – 33
3.	Pencucian: - Sistem pencucian - Kecepatan (m/jam) - Lama pencucian (menit) - Periode antara dua pencucian (jam) - Ekspansi (%)	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 -15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 -15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 72 – 198 - - 30 -50
4.	Media pasir : - Tebal (mm) - Single media - Media ganda - Ukuran efektif, ES (mm) - Koefisien keseragaman UC - Berat jenis (kg/dm ³) - Porositas - Kadar SiO ₂	300 – 700 600 – 700 300 – 600 0,3 – 0,7 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%	300 – 700 600 – 700 300 – 600 0,3 – 0,7 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%	300 – 700 600 – 700 300 – 600 - 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%

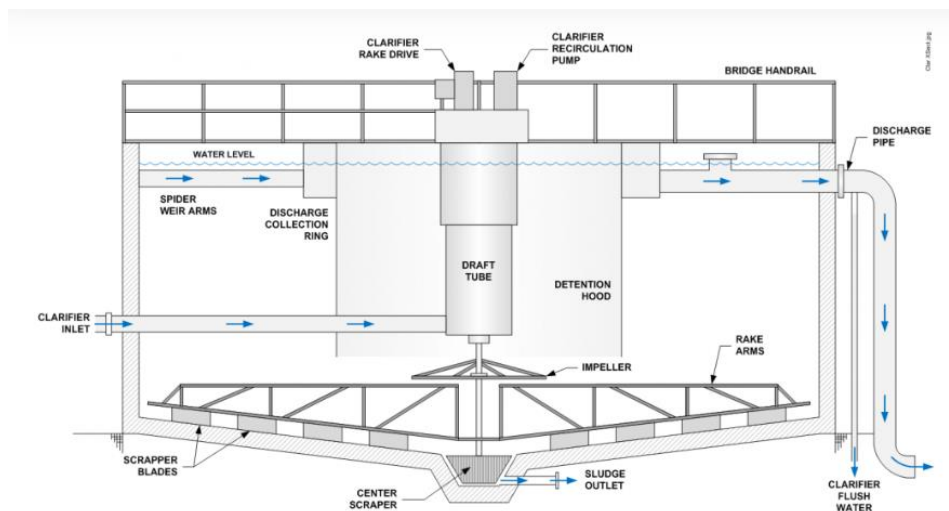
No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
5.	Media antrasit :			
	- Tebal (mm)	400 – 500	400 – 500	400 – 500
	- ES (mm)	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8
	- UC	1,5	1,5	1,5
	- Berat jenis (kg/dm ³)	1,35	1,35	1,35
	- Porositas	0,5	0,5	0,5
6.	Filter bottom/dasar saringan			-
	1 Lapisan penyangga dari atas ke bawah			
	- Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	
	Ukuran butir (mm)	3 – 5	4 – 5	
	- Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	
	Ukuran butir (mm)	15 – 10	15 – 10	
	- Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	
	Ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15	
	- Kedalaman (mm)	80 – 150	80 – 150	
	Ukuran butir (mm)	15 – 30	15 – 30	
	2 Filter Nozel			
	- Lebar slot nozel (mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	- Prosentase luas slotnozel terhadap luas filter (%)	> 4%	> 4%	> 4%

(Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2008)

2.6.6 Clarifier

Clarifier merupakan bagian pengolahan air yang berfungsi untuk memisahkan mikroorganisme sehingga hanya tersisa air bersih. Beberapa padatan akan dikumpulkan di clarifier dan akan dikirim menuju ke tangka aerasi untuk mengolah lebih banyak air. Kelebihan lumpur aktif akan dialirkan menuju ke pengolahan lumpur. Air bersih yang telah melalui proses pengolahan *clarifier* akan di alirkan menuju ke pengolahan selanjutnya (Pal, 2017).

Pada pengolahan di unit clarifier terdapat *scraper blade* yang berjumlah sepasang berbentuk vee (V). alat ini digunakan untuk mengeruk lumpur yang bergerak sehingga sludge akan terkumpul pada masing masing vee dan akan dihilangkan melalui pipa di bawah *blade*. Lumpur akan keluar melalui pipa lumpur dan dialirkan menuju ke bak pengumpul lumpur. Waktu tinggal rata-rata aliran per hari biasanya 1-2 jam.



Gambar 2.11 Clarifier

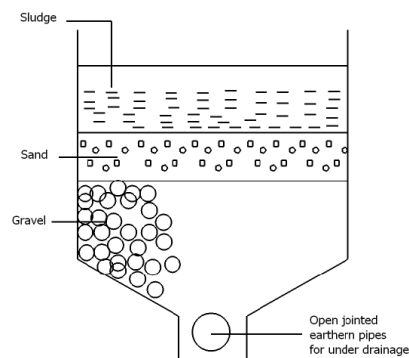
2.6.7 Sludge Drying Bed (SDB)

Sludge Drying Bed (SDB) adalah bak pengering lumpur. Pengurangan air pada lumpur dilakukan dengan media penengring secara gravitasi dan penguapan menggunakan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari hasil pengolahan limbah secara langsung tanpa proses pemekatan dapat dikeringkan menggunakan *drying bed* ini. Pada bagian dasar bak pengering dibuat saluran pipa pembuangan air dan di bagian atasnya diberi lapisan kerikil. Pengisian lumpur ke unit inisebaiknya

dilakukan 1 kali dalam 1 hari dengan ketebalan lumpur di bawah 15 cm. disarankan kedalam bak yang digunakan adalah kurang dari 50 cm. jika lumpur masuk terlalu banyak maka lapisan bawah masih basah (Ummah & Herumurti, 2018).

Pengurangan kandungan air pada *sludge drying bed* menggunakan sistem pengeringan matahari, maka air akan keluar melalui saringan dan proses penguapan. Jika penyaringan pasir tersumbat maka proses pengeringan hanya bergantung pada penguapan. Kecepatan pengurangan air pada *sludge drying bed* dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, sinar matahari, curah hujan, ketebalan lumpur, kadar air, dan struktur bak pengering lumpur (Ummah & Herumurti, 2018).

Sistem ini memiliki kelebihan mudah dioperasikan dengan biaya operasional relative rendah dan hasil pengolahan lumpur yang kering. Selain memiliki kelebihan tentunya sistem ini memiliki kekurangan karena hanya mengandalkan sinar matahari sehingga membutuhkan lahan relatif besar dan prosesnya bergantung pada kondisi cuaca (Ummah & Herumurti, 2018).



Gambar 2.12 *Sludge Drying Bed*

2.6.8 Reservoir

Bangunan reservoir berfungsi untuk menampung air yang telah dipompa dari sumber atau dari proses pengolahan untuk didistribusikan. Letak reservoir biasanya berada diantara letak pompa dengan daerah pelayanan (Wiharsa et al., 2016). Reservoir digunakan sebagai penyeimbang debit pengaliran, mempertahankan tekanan, dan mengatasi keadaan darurat. Reservoir harus diletakkan sedekat mungkin dengan daerah pelayanan. Reservoir adalah bangunan yang berfungsi

sebagai tempat penampungan air bersih sebelum proses pendistribusian. Biasanya distribusi air dilakukan secara gravitasi untuk menghemat biaya, maka reservoir biasanya diletakkan di tempat dengan elevasi lebih tinggi. Berikut ini merupakan fungsi dari bangunan reservoir, yaitu:

1. Mengumpulkan air bersih
2. Sebagai ekualisasi aliran sehingga aliran seimbang
3. Sebagai penyeimbang tekanan
4. Menyimpan cadangan air

Terdapat beberapa jenis reservoir pada bangunan pengolahan air minum/air bersih yang digunakan, antara lain:

1. Reservoir rendah

Reservoir rendah adalah reservoir yang letaknya lebih rendah dibandingkan dari pelayanan sehingga proses pendistribusiannya menggunakan bantuan pompa. Keuntungan menggunakan reservoir jenis ini adalah biaya konstruksinya lebih murah, tetapi biaya eksplorasinya tinggi dan jika terjadi gangguan kelistrikan maka pengairan ke daerah pelayanan akan terhambat karena proses distribusinya menggunakan pompa.



Gambar 2.13 Reservoir Rendah

2. Reservoir tinggi (*elevated reservoir*)

Reservoir ini terletak lebih tinggi dibandingkan daerah pelayanan sehingga untuk proses pendistribusiannya memanfaatkan gaya gravitasi. Keuntungan dari penggunaan reservoir ini biaya eksploitasi rendah karena tidak memerlukan listrik untuk mengoperasikan pompa. Akan tetapi, kekurangannya adalah dibutuhkan Menara air sehingga biaya konstruksi lebih tinggi.



Gambar 2.14 Reservoir Tinggi

Berdasarkan konstruksinya, terdapat beberapa jenis reservoir, yaitu:

1. Reservoir baja

Tangka baja biasanya digunakan karena faktor biaya yang lebih terjangkau. Akan tetapi, reservoir baja ini memiliki beberapa kekurangan yaitu cepat berkarat dan mudah menyerap panas sehingga tangka ini perlu dilakukan pengecatan.



Gambar 2.15 Reservoir Baja

2. Reservoir beton

Reservoir dibuat menggunakan beton cor dari besi dan semen. Kelebihan menggunakan reservoir jenis adalah kedap air dan tidak gampang bocor. Akan tetapi, kekurangan dari penggunaan reservoir ini adalah biaya konstruksi yang relative tinggi.



Gambar 2.16 Reservoir Beton

3. Reservoir *fiberglass*

Kelebihan menggunakan reservoir jenis ini adalah ringan dan lebih menghemat waktu konstruksi. Akan tetapi, reservoir jenis ini rentan jika terjadi benturan, mudah retak dan mudah teroksidasi jika terkena sinar matahari.



Gambar 2.17 Reservoir *Fiberglass*

Struktur reservoir dapat mengikuti aturan menurut Japan International Cooperation Agency, yaitu:

1. Reservoir dapat dibangun menggunakan beton pra tegang atau struktur baja.
2. Reservoir dapat dilengkapi dengan tutup permanen untuk menghindari masuknya air hujan dan kontaminasi.
3. Dapat dilengkapi dengan tutup berlapis untuk menjaga dari suhu yang terlalu dingin atau panas.

Pemasangan pipa inlet dan outlet mengikuti aturan berdasarkan Japan International Cooperation Agency, yaitu:

1. Jarak diantara garis Tengah dari pipa outlet dan muka air terendah.
2. Baik pipa inlet atau outlet sebaiknya dilengkapi dengan valve dan pipa outlet dilengkapi dengan karet penutup untuk menghindari kehilangan tekanan.

2.7 Persen Removal

Berdasarkan literatur bangunan pengolahan air minum yang telah dikumpulkan digunakan beberapa unit pengolahan yaitu bak pengumpul, aerasi, dan reservoir. Berikut ini data persen removal beberapa parameter yang terdapat pada air baku pengolahan air bersih.

Tabel 2.3 Persen Removal

Unit Pengolahan	Parameter yang Teremoval	% Removal	Sumber
Aerasi	COD	55 - 94%	<ul style="list-style-type: none"> • Munfarida. A, Saraswati. S, Mahatir. J. (2022). Pengaruh Sistem Aerasi Intermittent terhadap Removal Organik dan Nitrogen pada Pengolahan Air Limbah Domestik Kamar Mandi Umum.
	NH ₃ -N	27%	
MBBR	TKN	65 %	<ul style="list-style-type: none"> • Qasim, Syed R & Zhu, Guang. WWTP, Planning, Design and Operation: Bagian 6 Halaman 20 • Anjali Bawal & Rubina Chaudhary. (2014). study the performance of biocarriers in moving bed biofilm reactor (MBBR) technology and kinetics of biofilm for retrofitting the existing aerobic treatment systems: a review. • Kriteria Desain IPA Mookervart
	COD	80 - 95 %	
	TSS	80 - 90%	
	NH ₃ -N	80 %	

Unit Pengolahan	Parameter yang Teremoval	% Removal	Sumber
SBR	TKN	84%	<ul style="list-style-type: none"> Qasim, Syed R & Zhu, Guang. WWTP, Planning, Design and Operation: Bagian 6 Halaman 21 Kader, A. M. A. (2009). Comparison Study between Sequencing Batch Reactor and Conventional Activated Sludge by using Simulation Mathematical Model.
	COD	90-95%	
	TSS	90-95%	
	NH ₃ -N	98%	

2.8 Profil Hidrolis

Profil hidrolis merupakan titik letak penanaman pipa air yang akan dipasang sehingga dapat digambarkan untuk keperluan mengetahui tinggi muka air pada masing- masing unit instalasi pengolahan. Profil hidrolis menunjukkan adanya kehilangan tekanan atau headloss bisa juga diartikan sebagai beda ting

tinggi yang terjadi akibat proses pengaliran pada bangunan. Profil hidrolis pada pengolahan air bersih dapat menyatakan elevasi tiap unit pengolahan mulai dari *influent* hingga *effluent* dan sistem perpipaan untuk memastikan aliran dapat mengalir.

Hasil profil hidrolis tergantung pada energi tekan yang tersedia dalam aliran. Head dapat dihasilkan oleh elevasi yang berbeda. Jika elevasi tidak memadai maka perlu diberikan batuan untuk menghasilkan head melalui pompa. Dalam membuat profil hidrolis terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain:

1. Kehilangan tekanan

Diperlukan hasil perhitungan kehilangan tekanan pada unit bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air. Kehilangan tekanan pada unit pengolahan terdapat beberapa macam:

- Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- Kehilangan tekanan pada bak
- Kehilangan tekanan pada pintu

- Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang, dan lain sebagainya yang harus melalui perhitungan.
2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris
- Kehilangan tekanan pada perpipaan dengan menggunakan “Hazen William” Q atau V diketahui sehingga nilai S didapatkan melalui monogram.
 - Kehilangan tekanan pada aksesoris dengan cara mengekivalenkan aksesoris dengan Panjang pipa dan monogram untuk mencari Panjang ekivalen dan nilai S .
 - Kehilangan tekanan pompa dapat dihitung dengan rumus, grafik pompa, dan dipengaruhi oleh factor jenis pompa, pemasangan, dan factor lain.
3. Tinggi muka air

Dalam menentukan elevasi atau ketinggian bangunan harus dilakukan secara tepat karena akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air sehingga dapat mempengaruhi juga pada berlangsungnya proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan, terjuanan yang direncanakan akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

- Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan paling akhir.
- Menambahkan kehilangan tekanan antara *clear well* dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di *clear well*.
- Didapat tinggi muka air bangunan sebelum *clear well* dan seterusnya hingga bangunan yang pertama.
- Jika tinggi muka air setelah intake lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka perlu menggunakan pompa.

2.9 Bill Of Quantity dan Rencana Anggaran Biaya (BOQ dan RAB)

2.9.1 Bill Of Quantity

Bill of Quantity merupakan daftar yang memuat kuantitas secara rinci dan detail tentang produk yang digunakan dan dibutuhkan dalam suatu pekerjaan. Mulai dari rencana hingga akhir pengerjaan. Karakteristik BOQ diantaranya:

1. Di dalamnya memuat nama produk beserta jumlah satuan

2. Penambahan produk yang tertulis dalam BOQ baru terjadi Ketika masa negosiasi harga dan klarifikasi sehingga dapat diketahui penambahan dan pengurangan produk.
3. BOQ tidak dicantumkan harga satuan melainkan harga secara keseluruhan
4. Disusun oleh konsultan perencana.

Penyusunan BOQ memiliki beberapa tujuan, yaitu:

1. Rancangan awal untuk Menyusun daftar biaya
2. Pada pengajuan tender BOQ merupakan pedoman utama sehingga Perusahaan tidak perlu khawatir akan hal tersebut.
3. BOQ merupakan dasar untuk penawaran harga.

Pada perencanaan bangunan pengolahan air minum perhitungan *Bill of Quantity* didasarkan pada kebutuhan unit pengolahan dan perlengkapannya yang ada pada instalasi pengolahan air minum.

2.9.2 Rincian Anggaran Biaya (RAB)

RAB merupakan daftar biaya yang disusun oleh Perusahaan atau tender yang berisi biaya bahan baku, biaya proses produksi, dan biaya upah tenaga kerja. Rincian anggaran biaya memiliki beberapa karakteristik, yaitu:

1. RAB merinci dan detail karena memasukkan harga satuan produk
2. RAB sifatnya sudah mengikat, tidak ada lagi perubahan.

Tujuan dibuatnya RAB pada perancangan bangunan pengolahan air minum, yaitu:

1. Sebagai keperluan untuk mengajukan penawaran harga
2. Sebagai dasar atau pedoman jika penyesuaian harga dan klarifikasi
3. Sebagai pedoman pelaksanaan.

Pada perencanaan bangunan pengolahan air minum ini BOQ dan RAB didasarkan pada kebutuhan unit bangunan pengolahan yang dibutuhkan.