

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Air baku merupakan air bersih yang digunakan untuk kebutuhan air bersih, domestik serta industri. Untuk memenuhi air baku yang setiap harinya semakin meningkat, maka air baku dapat diperoleh dari air sungai, air tanah maupun air sumur. Air yang digunakan sebagai air baku harus memenuhi persyaratan sesuai dengan kegunaannya. Air baku dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air bersih (Prayitno, 2009).

Standar kualitas air bersih di Indonesia diatur pada Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 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. Kualitas mutu air bersih 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 pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Agar baku mutu air minum dapat terpenuhi, maka diperlukan berbagai usahan untuk menjaga kualitas air, yaitu:

1. Kontrol pada sumber air dapat dilakukan dengan pemilihan sumber air, control terhadap sumber polusi yang masuk ke sumber air, perbaikan kualitas sumber, kontrol pertumbuhan biologi.
2. Instalasi pengolahan air yang tepat
3. Kontrol pada sistem transmisi dan distribusi untuk mencegah kontaminan.

Air baku yang digunakan dalam pengolahan air bersih umumnya menggunakan air permukaan atau air sungai. Namun dalam Tugas Perancangan Bangunan Pengolahan Air Bersih kali ini menggunakan hasil pengolahan air buangan Industri Tahu Kelurahan Moodu, Kota Gorontalo yang sudah memenuhi baku mutu melalui proses pengolahan air buangan sebelumnya. Adapun karakteristik yang terkandung dalam air baku yang digunakan adalah sebagai berikut.

2.1.1 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah parameter kimia yang digunakan untuk memperkirakan jumlah bahan organik terlarut dan menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai bahan organik dalam air. Air limbah dari industri tahu banyak mengandung bahan organik terlarut. Kandungan BOD yang lebih tinggi menunjukkan lebih banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga mikroorganisme membutuhkan lebih banyak oksigen untuk menguraikan bahan organik. Nilai BOD yang rendah menunjukkan adanya degradasi sampah organik oleh mikroorganisme (Amadea, 2018).

Biological Oxygen Demand atau Kebutuhan oksigen biologis adalah suatu parameter kimia untuk mengetahui kualitas perairan. Nilai BOD penting sebagai indikator kualitas perairan. Tingginya kandungan BOD dalam perairan menandakan kurangnya oksigen terlarut didalamnya. Kondisi tersebut memiliki dampak yaitu kematian organisme perairan seperti ikan dikarenakan kekurangan oksigen terlarut (*anoxia*)(Salmin, 2005).

2.1.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah kebutuhan oksigen yang digunakan dalam proses oksidasi kimia. COD juga disebut sebagai *Chemical Oxygen Demand*, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator untuk mengoksidasi semua bahan organik dan anorganik di dalam air. Jika konsentrasi senyawa organik dan anorganik cukup tinggi maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol sehingga organisme perairan tidak dapat bertahan hidup. Angka COD merupakan ukuran bagi beban pencemar air oleh zat-zat organik yang dapat dioksidasi dengan proses mikrobiologis mengakibatkan berkurangnya kondisi oksigen dalam air (Amadea, 2018).

2.1.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah senyawa padat tersuspensi yang berada dalam air. Padatan tersebut berasal dari mineral, seperti silt, pasir yang sangat halus, lempung, atau dari zat hasil uraian jasad makhluk hidup. Selain itu, juga dapat berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. TSS ini menyebabkan kekeruhan atau perubahan warna dalam air (Said, 2007).

Limbah cair dari industri tahu mengandung zat tersuspensi yaitu zat yang mengapung dan tidak larut dalam air. Zat tersuspensi erat hubungannya dengan derajat kekeruhan air. Kekeruhan air disebabkan oleh limbah industri tahu yang mengandung zat organik dan anorganik tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi konsentrasi zat tersuspensi, semakin keruh airnya (Amadea, 2018).

2.1.4 pH

Salah satu parameter kualitas air limbah yang terpenting adalah konsentrasi ion hidrogen. pH biasanya digunakan untuk menunjukkan konsentrasi dari ion *hydrogen* tersebut. Konsentrasi pH yang sesuai bagi kehidupan biologis antara 6-9. Air limbah yang memiliki konsentrasi pH yang sangat asam atau basa akan sulit untuk diolah dengan pengolahan biologi. Jika pH air limbah tidak diolah sesuai dengan baku mutu dan kemudian dibuang ke lingkungan maka dapat mengubah atau mencemari konsentrasi pH natural di badan air.

Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan pH meter (Metcalf & Eddy, 2004).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Bersih

2.2.1 Aerasi

2.2.3.1 Gambaran Umum

Aerasi adalah pengolahan air dengan menambahkan oksigen ke dalam air. Dengan menambahkan oksigen, pengotor yang tersuspensi dalam air akan dihilangkan, sehingga konsentrasi polutan hilang atau bahkan hilang sama sekali. Dalam prakteknya, ada dua cara untuk menambahkan oksigen ke dalam air, yaitu memasukkan udara ke dalam air dan/atau memaksa air naik hingga bersentuhan dengan oksigen (Yuniarti et al., 2019).

Tujuan utama dari proses aerasi adalah untuk memungkinkan O₂ di udara bereaksi dengan kation dalam air yang diolah. Reaksi kation dan oksigen mengoksidasi logam yang sulit larut dalam air, sehingga dapat mengendap. Keuntungan dari proses ini adalah penghilangan rasa dan bau yang tidak enak, penghilangan gas yang tidak perlu (CO₂, metana, hidrogen sulfida) dan peningkatan keasaman air (karena kandungan CO₂ dihilangkan). Selain itu, proses udara juga dapat menurunkan kadar besi (Fe) dan magnesium (Mg). Kation Fe²⁺ atau Mg²⁺ membentuk oksida Fe₃O₃ dan MgO ketika diinjeksikan di udara (Yuniarti et al., 2019).

2.2.3.2 Jenis-jenis Aerasi

Empat jenis aerator yang umum digunakan menurut (Qasim et al., 2000) adalah (1) *gravity aerators*, (2) *spray aerators*, (3) *diffused-air aerators*, dan (4) *mechanical aerators*. Pertimbangan desain utama untuk semua jenis aerator adalah menyediakan antar muka maksimum antara udara dan air dengan pengeluaran energi minimum. Perbandingan kinerja berbagai jenis aerator diberikan pada **Tabel 2.1** dengan deskripsi singkat dari setiap jenis aerator.

Tabel 2.1 Desain dan karakteristik operasional aerator

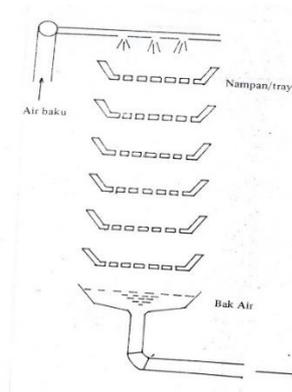
Aerator	Penyisihan	Spesifikasi Desain
Aerator gravitasi:		
cascade	20-45% CO ₂	Tinggi: 1-3 m Luas: 85-105 m ² /m ² .s Kecepatan aliran: 0,3 m/s
Packing Tower	>95% VOC >90% CO ₂	Diameter kolom maksimum: 3m Beban hidrolik: 2000 m ³ /m ² .hari
Tray	>90% CO ₂	Kecepatan: 0,8-1,5 m ³ /m ² .menit Kebutuhan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

Sumber: (Qasim et al., 2000)

Jenis-jenis metode aerasi dapat dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

a. *Waterfall aerator* (aerator air terjun)

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



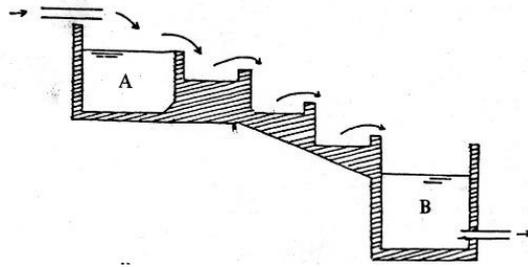
Gambar 2.1 *Multiple Tray Aerator*

Sumber: (Herdiana, n.d.)

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

b. *Cascade aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det per m². Untuk menghilangkan gerak putaran (*turbulence*) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang yang diperlukan bagi *cascade aerators* agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



Gambar 2.2 Cascade Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

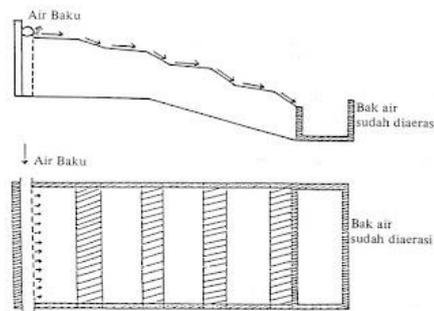
Keterangan:

A = Air baku

B = Air sudah diaerasi

c. *Submerged Cascade Aerator*

Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh kirakira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 05 m³/det per meter luas.

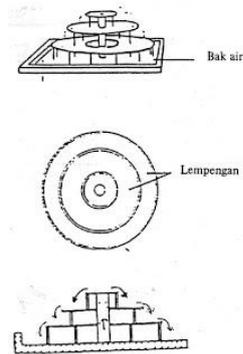


Gambar 2.3 Aerasi Tangga Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

d. *Multiple Platform Aerator*

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

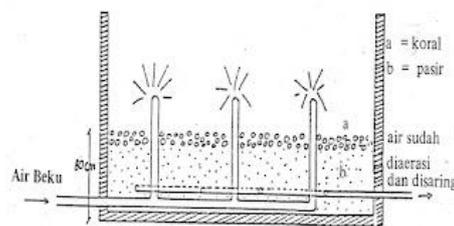


Gambar 2.4 Multiple Platform Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

e. *Spray Aerator*

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



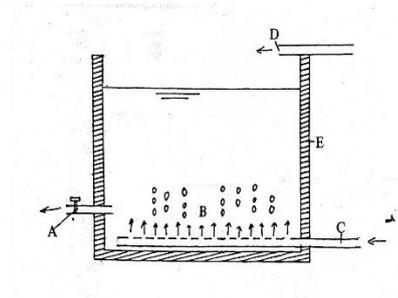
Gambar 2.5 Spray Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

f. *Aerator Gelembung Udara (Bubble aerator)*

Jumlah udara yang diperlukan untuk *aerasi bubble* (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m³ udara/m³ air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu

penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



Gambar 2.6 *bubble aerator*

Sumber: (Herdiana, n.d.)

Keterangan :

A = *Outlet*

B = Gelembung udara

C = Pipa berlubang buat udara

D = Inlet air baku

E = Bak air

g. *Multiple-Tray Aerator*

Multiple Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (tray) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (tray) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (*collecting pans*). Pemerataan distribusi air di atas tray sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 26 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalis dari mangan oksida.

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

berkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan.

2.2.3.3 Rumus Perhitungan

Berikut rumus-rumus yang diperlukan dalam perhitungan *spray aerator*:

1. Pipa inlet

$$D = \left(\frac{Q}{v \times \frac{1}{4} \times \pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V \text{ cek} = \left(\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \right)$$

2. Td

Volume bak = H x Luas bak

$$Td = \frac{\text{volume}}{Q}$$

3. Dimensi bak aerasi

V = P x L x H

H total = kedalaman + (20% x kedalaman)

Cek volume

V = P x L x H

4. Jumlah Nozzle = $\frac{Q \text{ tiap bak}}{Q \text{ tiap nozzle}}$

5. Diameter pipa untuk nozzle

Maka debit tiap pipa = $\frac{\text{jumlah nozzle}}{\text{jumlah pipa}} \times Q \text{ nozzle}$

$$\text{Diameter pipa} = \left(\frac{Q}{v \times \frac{1}{4} \times \pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V \text{ cek} = \left(\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \right)$$

6. Jarak antar nozzle

Jumlah nozzle tiap pipa = $\frac{\text{jumlah nozzle}}{\text{jumlah pipa}}$

Jarak antar nozzle = $\frac{\text{panjang pipa}}{\text{jumlah nozzle} + 1}$

7. Perhitungan kebutuhan oksigen (O₂)

Jumlah BOD atau COD = BOD atau COD influent x Q produksi

Kebutuhan udara teoritis = jumlah BOD atau COD x 1,5

Keterangan: nilai 1,5 merupakan faktor keamanan

$$\text{Jumlah kebutuhan udara teori} = \frac{\text{kebutuhan oksigen}}{\text{berat udara x oksigen di udara}}$$

$$\text{Kebutuhan udara aktual} = \frac{\text{jumlah kebutuhan udara teori}}{\text{efisiensi removal}}$$

2.2.2 Filtrasi

2.2.4.1 Gambaran Umum

Filtrasi adalah menghilangkan partikel padat dari fluida dengan cara memindahkan partikel padat ke media filter atau septum, dan padatan tersebut akan diendapkan pada media filter atau septum. Filtrasi adalah operasi atau proses di mana campuran heterogen partikel fluida dan padat dipisahkan oleh media filter yang melewati fluida tetapi tetap mempertahankan partikel padat. Filtrasi adalah penggunaan media filter atau filter untuk memisahkan partikel koloid atau padat dari suatu fluida. Air yang mengandung padatan atau koloid dialirkan melalui media filter dengan ukuran pori lebih kecil dari ukuran padatan.

Tujuan filtrasi adalah proses pemisahan padatan dari padatan pembawa cairan (cair atau gas) menggunakan media berpori atau bahan berpori lainnya untuk menghilangkan sebanyak mungkin padatan halus dan koloid tersuspensi. Dalam pengolahan air bersih, filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi untuk menghasilkan air bersih yang berkualitas tinggi. Selain mengurangi kandungan padatan, filtrasi juga dapat menurunkan kandungan bakteri, menghilangkan warna, rasa, bau, zat besi dan mangan. Sistem filter yang dirancang untuk pengolahan air tergantung pada tujuan pengolahan dan pengolahan awal air baku sebagai filter influen.

Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat beberapa mekanisme filtrasi sebagai berikut:

- a) Penyaringan secara mekanis (*mechanical straining*)
- b) Sedimentasi
- c) Adsorpsi atau gaya elektrokinetik
- d) Koagulasi di dalam filter bed
- e) Aktivitas biologis

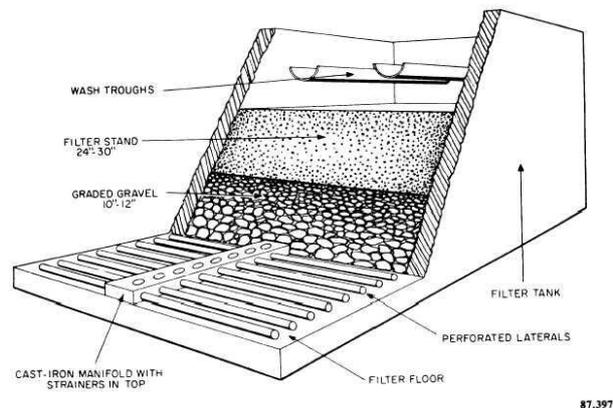
2.2.4.2 Jenis-jenis Bangunan Filter

Berdasarkan pada kapasitas produksi air yang terolah, filter pasir dapat dibedakan menjadi dua, yaitu filter pasir cepat dan filter pasir lambat.

1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter dengan laju filtrasi cepat 4 hingga 21 m/jam. Sebelum filter ini, proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan dilakukan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan influen saringan pasir cepat antara 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhan bisa mencapai 90-98%. Bagian-bagian dari saringan pasir cepat termasuk (**Gambar 2.7**):

- a. Bak filter, merupakan tempat proses filtrasi berlangsung. Jumlah dan ukuran bak tergantung debit pengolahan (minimum dua bak).
- b. Media filter, merupakan bahan berbutir/granular yang membentuk pori-pori di antara butiran media. Pada pori-pori inilah air mengalir dan terjadi proses penyaringan.
- c. Sistem underdrain. *Underdrain* merupakan sistem pengaliran air yang telah melewati proses filtrasi yang terletak di bawah media filter. Underdrain terdiri atas:
 - Orifice, yaitu lubang pada sepanjang pipa lateral sebagai jalan masuknya air dari media filter ke dalam pipa.
 - Lateral, yaitu pipa cabang yang terletak di sepanjang pipa manifold.
 - Manifold, yaitu pipa utama yang menampung air dari lateral dan mengalirkannya ke bangunan penampung air.

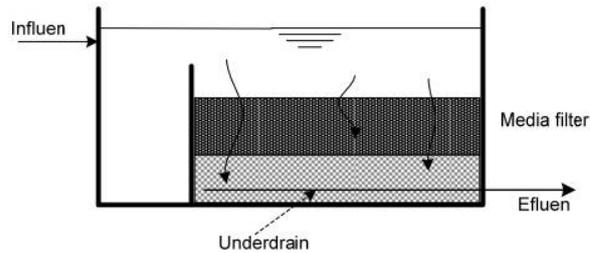


Gambar 2.7 Bagian-bagian filtrasi

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996)

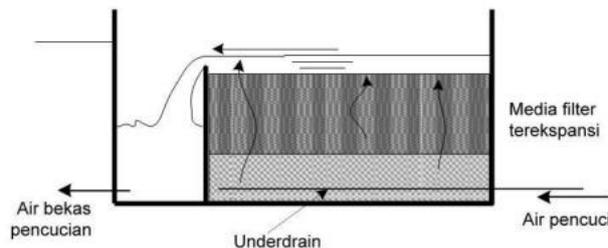
Sistem operasi filter pasir cepat adalah sebagai berikut:

1. Selama proses filtrasi berlangsung, partikel yang terbawa air akan tersaring di media filter. Sementara itu, air terus mengalir melewati media pasir dan penyangga, masuk lubang/orifice, ke pipa lateral, terkumpul di pipa manifold, dan akhirnya air keluar menuju bak penampung (lihat **Gambar 2.8**).
2. Partikel yang tersaring di media lama kelamaan akan menyumbat pori-pori media sehingga terjadi *clogging* (penyumbatan). *Clogging* ini akan meningkatkan headloss aliran air di media. Peningkatan headloss dapat dilihat dari meningkatnya permukaan air di atas media atau menurunnya debit filtrasi. Untuk menghilangkan *clogging*, dilakukan pencucian media.
3. Pencucian dilakukan dengan cara memberikan aliran balik pada media (*backwash*) dengan tujuan untuk mengurai media dan mengangkat kotoran yang menyumbat pori- pori media filter. Aliran air dari manifold, ke lateral, keluar orifice, naik ke media hingga media terangkat, dan air dibuang melewati gutter yang terletak di atas media (lihat **Gambar 2.9**).
4. Bila media filter telah bersih, filter dapat dioperasikan kembali



Gambar 2.8 Aliran air pada saat operasi filter

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996)



Gambar 2.9 Aliran air pada saat pencucian filter

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996)

Tipe filter pasir cepat dapat dibedakan dalam beberapa kategori:

a. Menurut sistem kontrol kecepatan filtrasi Berdasarkan sistem kontrol kecepatannya, filter dikelompokkan menjadi:

1. *Constant rate* : Debit hasil proses filtrasi konstan sampai pada level tertentu. Hal ini dilakukan dengan memberikan kebebasan kenaikan level muka air di atas media filter.
2. *Declining rate* atau *constant head* : Debit hasil proses filtrasi menurun seiring dengan waktu filtrasi, atau level muka air di atas media filter dirancang pada nilai yang tetap.

b. Menurut arah aliran

Berdasarkan arah alirannya, filter dikelompokkan menjadi:

1. Filter aliran *down flow* (kebawah).
2. Filter aliran *upflow* (keatas).
3. Filter aliran horizontal

c. Menurut sistem pengaliran

Berdasarkan sistem pengalirannya, filter dikelompokkan menjadi:

1. Filter dengan aliran secara gravitasi (*gravity filter*).

2. Filter dengan aliran bertekanan (*pressure filter*).

2. Filtrasi Pasir Lambat

Saringan pasir lambat atau *slow sand filter* adalah saringan dengan laju filtrasi yang lebih lambat, sekitar 0,1-0,4 m/jam. Kecepatan yang lebih lambat ini disebabkan oleh ukuran medium pasir yang kecil (ukuran efektif = 0,15-0,35 mm). Saringan pasir lambat adalah sistem penyaringan yang paling awal digunakan untuk pengolahan air, yang telah dikembangkan sejak tahun 1800 SM. Sebelum proses filtrasi, air baku diendapkan terlebih dahulu.

Saringan pasir lambat sangat efektif untuk menghilangkan bahan organik dan organisme patogen pada air baku dengan kekeruhan yang relatif rendah. Filter pasir lambat banyak digunakan dalam pengolahan air dengan kekeruhan air baku di bawah 50 NTU. Efisiensi saringan pasir lambat bergantung pada distribusi ukuran partikel pasir, rasio luas permukaan terhadap kedalaman saringan, dan laju filtrasi.

Prinsip kerja *slow sand filter* adalah membentuk lapisan biofilm beberapa milimeter di atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan "*hygeal*" atau "*schmutzdecke*". Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifer dan larva serangga air. *Schmutzdecke* adalah cat yang secara efektif dapat memurnikan dalam pengolahan air bersih. Saat air melewati *schmutzdecke*, partikel akan ditangkap dan bahan organik terlarut akan diserap, diserap dan dicerna oleh bakteri, jamur dan protozoa. Proses yang terjadi di *schmutzdecke* sangat kompleks dan dapat diubah, tetapi masalah utamanya adalah regangan mekanis dari sebagian besar bahan tersuspensi berada pada lapisan tipis dengan pori-pori yang sangat kecil (kurang dari 1 mikron). Ketebalan lapisan ini meningkat seiring waktu hingga mencapai sekitar 25 mm, yang mengakibatkan penurunan aliran. Ketika kecepatan penyaringan turun ke tingkat tertentu, penyaring harus dibersihkan dengan mengambil lapisan pasir atas setebal 25 mm.

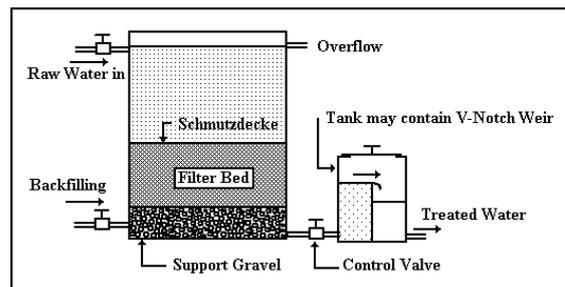
a. Keuntungan filter lambat antara lain:

- Biaya konstruksi rendah
- Rancangan dan pengoperasian lebih sederhana
- Tidak diperlukan tambahan bahan kimia
- Variasi kualitas air baku tidak terlalu mengganggu
- Tidak diperlukan banyak air untuk pencucian, pencucian tidak menggunakan backwash, hanya dilakukan di bagian atas media

b. Kerugian filter pasir lambat:

- besarnya kebutuhan lahan, yaitu sebagai akibat dari lambatnya kecepatan filtrasi.

Secara umum, filter pasir lambat hampir sama dengan filter pasir cepat. Filter lambat tersusun oleh bak filter, media pasir, dan sistem *underdrain* (**Gambar 2.10**). Perbedaan filter pasir cepat dan filter pasir lambat dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.



Gambar 2.10 Skema filter pasir lambat

Sumber: (Wood, n.d.)

Tabel 2.2 Perbedaan Kriteria Filter Pasir Cepat dan Filter Pasir Lambat

Kriteria	Filter Pasir Cepat	Filter Pasir Lambat
Kecepatan filtrasi	4 – 21 m/jam	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Kecil, 40 – 400 m ²	Besar, 2000 m ²
Kedalaman bed	30 – 45 cm kerikil, 60 – 70 cm pasir, tidak berkurang saat pencucian	30 cm kerikil, 90 – 110 cm pasir, berkurang 50 – 80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	<i>Effective size</i> >0,55 mm, <i>uniformity coefficient</i> <1,5	<i>Effective size</i> 0,25-0,3 mm, <i>uniformity coefficient</i> 2-3

Kriteria	Filter Pasir Cepat	Filter Pasir Lambat
Distribusi ukuran media	Terstratifikasi	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Pipa lateral berlubang yang mengalirkan air ke pipa utama	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	30 cm saat awal, hingga 275 cm saat akhir	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run (jarak waktu pencucian)	12 – 72 jam	20 – 60 hari
Metoda pembersihan	Mengangkat kotoran dan pasir ke atas dengan backwash	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Jumlah air untuk pembersihan	1 – 6% dari air tersaring	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Koagulasi-Flokulasi-sedimentasi	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif tinggi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif tinggi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif tinggi	Relatif rendah

Sumber: (Christopher R. Schulz and Daniel Alexander Okun, 1984)

2.2.4.3 Media Filter dan Distribusi Media

Bagian filter yang berperan penting dalam melakukan penyaringan adalah media filter. Media Filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang akan digunakan dilakukan dengan analisa ayakan (*sieve analysis*). Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif (*effective size*) dan keseragaman media yang diinginkan (dinyatakan sebagai *uniformity coefficient*).

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan

kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai d10 (diameter pada persentil 10).

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keseragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran efektif atau dapat ditulis: ($UC = d_{60}/d_{10}$. d_{60} adalah diameter butiran pada persentil 60).

Berdasarkan jenis dan jumlah media yang digunakan dalam penyaringan, media filter dikategorikan menjadi:

- a. Single media: Satu jenis media seperti pasir silika, atau dolomit saja. Filter cepat tradisional biasanya menggunakan pasir kwarsa. Pada sistem ini penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian
- b. Dual media: misalnya digunakan pasir silika, dan anthrasit. Filter dual media sering digunakan filter dengan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan anthrasit pada lapisan atas. Keuntungan dual media:
 - Kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam)
 - Periode pencucian lebih lama
 - Merupakan peningkatan *filter single media* (murah)
- c. Multi media: misalnya digunakan pasir silika, anthrasit dan garnet atau dolomit. Fungsi multi media adalah untuk memfungsikan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring.

Susunan media berdasarkan ukurannya dibedakan menjadi:

1. Seragam (*uniform*), ukuran butiran media filter relatif sama dalam satu bak.
2. Gradasi (*stratified*), ukuran butiran media tidak sama dan tersusun bertingkat.
3. Tercampur (*mixed*), ukuran butiran media tidak sama dan bercampur.

Pada **Tabel 2.2** mencantumkan beberapa jenis dan jumlah ukuran efektif media filter dan standar nilai keseragaman media. Jika pasir tidak memenuhi standar, maka ukuran harus dipilih untuk memenuhi standar

tersebut. Metode penghitungan persentase pasir yang tersedia, pasir terlalu kecil dan pasir terlalu besar adalah sebagai berikut:

1. Presentase stok pasir yang dapat digunakan

$$P_{\text{use}} = 2(P_{\text{st60}} - P_{\text{st10}})$$

2. Presentase pasir yang terlalu kecil

$$P_f = P_{\text{st10}} - 0,1P_{\text{use}} = P_{\text{st10}} - 0,2(P_{\text{st60}} - P_{\text{st10}})$$

3. Presentase ukuran pasir yang terlalu besar

$$P_c = 100 - P_f - P_{\text{use}}$$

Keterangan:

- P_{st10} adalah persentase pasir stok yang memenuhi ES sesuai kriteria yang diminta
- P_{st60} adalah persentase pasir stok yang memenuhi ES x UC sesuai kriteria yang diminta.

Setelah dilakukan pemilihan ukuran butiran pasir stok, maka pasir stok dapat digunakan sebagai media filter yang memenuhi kriteria.

Tabel 2.3 Perbedaan Karakteristik Media

No	Karakteristik	Nilai	
		Nilai	Rekomendasi
1.	Single media		
	A. Media pasir		
	• kedalaman	610-760	685
	• ES (mm)	0,35-0,70	0,60
	• UC	<1,7	<1,7
	B. Media Antrasit		
	• Kedalaman	610-760	685
	• ES (mm)	0,70-0,75	0,75
	• UC	<1,75	<1,75
	C. Rate Filtrasi (l/det.m ²)	1,36-3,40	2,72
2.	Dual media		
	A. Antrasit		
	• Kedalaman	460-610	610
	• ES (mm)	0,9-1,1	1,0
	• UC	1,6-1,8	1,7

No	Karakteristik	Nilai	
		Nilai	Rekomendasi
	B. Pasir		
	• Kedalaman	150-205	150
	• ES (mm)	0,45-0,55	0,50
	• UC	1,5-1,7	1,6
	C. Rate filtrasi (l/det.m ²)	2,04-5,44	3,4
3.	Multi media		
	A. Antrasit		
	• Kedalaman	420-530	460
	• ES (mm)	0,95-1,00	1,00
	• UC	1,55-1,75	<1,75
	B. Pasir		
	• Kedalaman	150-250	230
	• ES (mm)	0,45-0,55	0,50
	• UC	1,50-1,65	1,60
	C. Garnet		
	• Kedalaman	75-115	75
	• ES (mm)	0,20-0,35	0,20
	• UC	1,6-2,0	<1,6
	D. Rate filtrasi (l/det.m ²)	2,72-6,80	4,08

Sumber: (Tom D. Reynolds, 1996)

a. Dimensi Bak Filter

Luas permukaan bak filter tergantung pada jumlah bak, debit pengolahan, dan kecepatan (rate) filtrasi. Jumlah bak ditentukan berdasarkan debit pengolahan dengan rumus pendekatan: $N = 1,2 Q^{0,5}$ dengan Q adalah debit pengolahan (mgd). Jumlah bak juga dapat ditentukan dengan batasan luas permukaan maksimum 100 m² per bak. Jumlah bak minimum adalah dua. Berdasarkan luas permukaan bak, ukuran bak (panjang dan lebar, atau diameter) dapat ditentukan. Ratio lebar terhadap panjang berkisar 1 : 1 hingga 1 : 2. Tinggi bak filter ditentukan dari tinggi total bahan yang terdapat di bak, meliputi underdrain, media penyangga, media filter dan air di atas media

ditambah dengan tinggi jagaan (*freeboard*). Tinggi air di atas media direncanakan sekitar 90-120 cm.

b. Hidrolika Filtrasi

1. Headloss (HL)

Pada prinsipnya aliran pada media berbutir (filter pasir) dianggap sebagai aliran dalam pipa berjumlah banyak. Kehilangan tekanan dalam pipa akibat gesekan aliran mengikuti persamaan *Darcy – Weisbach*.

2. Bilangan Reynold, NRe

Bilangan Reynold, NRe merupakan fungsi diameter dan kecepatan aliran.

3. Koefisien Drag

Merupakan koefisien yang besarnya tergantung bilangan Reynolds.

c. Hidrolika Pencucian (*Backwashing*)

Filter pasir cepat yang digunakan dalam jangka waktu tertentu, maka akan tersumbat karena media filter menahan partikel halus dan koloid. Media filter yang tersumbat ditandai oleh:

1. Penurunan kapasitas produksi (digunakan untuk filter head tekanan konstan).
2. Kehilangan energi (*headloss*) meningkat, dan kemudian ketinggian air di atas media filter meningkat (untuk *filter constant rate*).
3. Mengurangi kualitas air produksi.

Jika tujuan ini tercapai (seperti yang ditunjukkan oleh head tekanan negatif), filter harus dibersihkan. Teknologi pembersihan filter yang cepat dapat dilakukan dengan menggunakan kecepatan *backwashing* tertentu untuk memfluidisasi media filter dan bertabrakan di antara media. Benturan antar media akan menyebabkan kotoran menempel pada media, dan kotoran yang terkelupas akan terbawa aliran air. Untuk meningkatkan kinerja *backwash*, biasanya permukaan harus dibersihkan terlebih dahulu dan/atau tekan dari bawah dengan *blower* (pembersihan udara).

Tujuan pembersihan filter adalah untuk mengeluarkan kotoran pada media filter ke atas hingga media mengembang. Biasanya, ketinggian ekspansi adalah 15% hingga 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter, yaitu:

1. Menggunakan menara air
2. Interfilter
3. Pompa backwash

Untuk menghitung head pompa pencucian atau tinggi menara, maka harus dihitung headloss melalui media, dasar filter (*under drain*), dan sistem perpipaan pada saat awal backwash. Saat awal backwash, tekanan air *backwash* harus mampu memecahkan media yang kemungkinan memadat akibat adanya kotoran yang melekat pada permukaan media. Tekanan air backwash juga harus mampu mengangkat pasir hingga ketinggian tertentu (terfluidasi).

Tabel 2.4 Kriteria Pencucian Media Filter Untuk Pengolahan Air Bersih

No	Unit	Jenis saringan		
		Saringan biasa (gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan bertekanan
1.	Jumlah bak saringan	$N = 12 \times Q^{0.5}$	Minimum 5 bak	-
2.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11	12-33
3.	Pencucian			
	• Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash
	• Kecepatan (m/jam)	36-50	36-50	72-198

No	Unit	Jenis saringan		
		Saringan biasa (gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan bertekanan
	• Lama pencucian (menit)	10-15	10-15	-
	• Periode antar pencucian (jam)	18-24	18-24	-
	• Ekspansi (%)	30-50	30-50	30-50
4.	Media pasir			
	• Tebal (mm)	300-700	300-700	300-700
	• Single media	600-700	600-700	600-700
	• Media ganda	300-600	300-600	300-600
	• ES (mm)	0,3-0,7	0,3-0,7	-
	• UC	1,2-1,4	1,2-1,4	1,2-1,4
	• Berat jenis (kg/dm ³)	2,6-2,65	2,6-2,65	2,6-2,65
	• Porositas	0,4	0,4	0,4
	• Kadar SiO ₂	>95%	>95%	>95%
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 botom/dasar saringan			
	1) lapisan penyangga dari atas ke bawah			
	• Kedalaman (mm)	80-100	80-100	-
	Ukuran butir (mm)	2-5	2-5	-
	• Kedalaman (mm)	80-100	80-100	-

No	Unit	Jenis saringan		
		Saringan biasa (gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan bertekanan
	Ukuran butir (mm)	25-10	25-10	-
	• Kedalaman (mm)	80-100	80-100	-
	Ukuran butir (mm)	10-15	10-15	-

Sumber: (SNI 6774-, 2008)

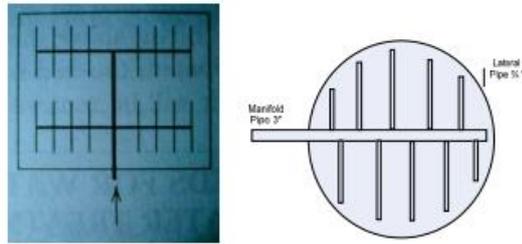
d. Sistem *Underdrain*

Sistem *underdrain* adalah sistem pengaliran air di bawah media filter setelah air melewati proses penyaringan. Persyaratan sistem *underdrain* adalah :

1. Dapat mendukung media di atasnya.
2. Distribusi merata pada saat pencucian.

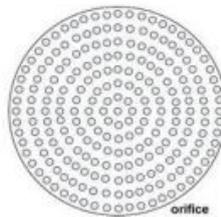
Kriteria untuk sistem *underdrain* adalah sebagai berikut :

1. Dasar filter dapat terdiri dari sistem perpipaan yang tersusun dari lateral dan manifold, dimana air diterima melalui lubang orifice yang diletakkan pada pipa lateral.
2. Kecepatan pencucian ± 36 m/jam ($600 \text{ L/m}^2 \cdot \text{menit}$), dengan tinggi ekspansi sebesar 15 cm sehingga headloss = 25 cm.
3. Manifold dan lateral ditujukan agar distribusi merata, headloss 1 – 3 m dengan kriteria sistem manifold – lateral:
 - a. Perbandingan luas orifice/filter = 0,0015 – 0,005
 - b. Perbandingan luas lateral/ orifice = 2 – 4
 - c. Perbandingan luas manifold/lateral = 1,5 – 3
 - d. Diameter orifice = 0,6 – 2 cm.
 - e. Jarak antara orifice = 7,5 – 30 cm
 - f. Jarak antara lateral = orifice.



Gambar 2.11 Sistem *underdrain* dengan model manifold pipe

Sumber: (Wood, n.d.)



Gambar 2.12 Sistem *underdrain* dengan model perforated plate

Sumber: (Wood, n.d.)



Gambar 2.13 Sistem *underdrain* dengan model nozzle dan strainer

Sumber: (Wood, n.d.)

2.2.4.4 Rumus Perhitungan

Rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan unit pengolahan ini ialah:

A. Bak Filtrasi

1. Debit saluran pembawa (Q_s)

$$Q_s = \frac{Q}{n}$$

2. Luas Permukaan (A)

$$A = \frac{Q}{v}$$

3. Dimensi saluran ($W : L = 1 : 2$)

$$A = W \times L$$

$$L = 2 \times W$$

B. Kehilangan Tekanan Media Filtrasi

a. Antrasit, Pasir, dan Garnet

1. Nilai bilangan Reynold (Nre)

$$Nre = \frac{\text{shape factor } (\theta) \times \text{massa jenis } (\rho) \times \text{diameter } (d) \times \text{kec. filtrasi } (Va)}{\text{viskositas dinamik } (\mu)}$$

2. Koefisien drag (Cd)

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$$

3. Kehilangan tekanan (H1)

$$H1 = \frac{1,067}{\theta} + \frac{d}{g} + \frac{(Va^2)}{(\epsilon^4)} + \frac{Cd}{d}$$

C. Backwash

a. Antrasit, Pasir, dan Garnet

1. Nilai bilangan Reynold (Nre)

$$Nre = \frac{\text{shape factor } (\theta) \times \text{massa jenis } (\rho) \times \text{diameter } (d) \times \text{kec. filtrasi } (Va)}{\text{viskositas dinamik } (\mu)}$$

2. Koefisien drag (Cd)

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$$

3. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

$$Vs = \left[\frac{4g}{3 \times Cd} \times (Sg - 1) \times d \right]^{\frac{1}{2}}$$

4. Kecepatan backwash (Vb)

$$Vb = Vs \times \epsilon^{4,5}$$

5. Debit backwash (Qb)

$$Qb = Vb \times 1000 \text{ L/m}^3$$

6. Kehilangan tekanan awal backwash (HL)

$$HL = (Sg - 1) \times (1 - \epsilon) \times D$$

7. Tinggi ekspansi media (Le)

$$Le = D \times \frac{(1 - d)}{\left[1 - \frac{Va^{0,22}}{Vs} \right]}$$

D. Sistem Manifold

a. Pipa manifold

1. Luas penampang pipa

$$A = \frac{Q}{V}$$

2. Diameter pipa manifold

$$Dm = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

3. Cek kecepatan aliran pipa

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

4. Panjang pipa manifold

$$Lm = \text{panjang bak filtrasi}$$

b. Pipa lateral

1. Diameter pipa lateral

$$DL = \frac{1}{3} \times Dm$$

2. Luas penampang pipa

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times DL^2$$

3. Debit tiap pipa lateral

$$QL = V \times A$$

4. Jumlah pipa lateral

$$n = \frac{Q}{QL}$$

5. Jumlah lateral tiap sisi

$$n = \frac{\text{jumlah pipa lateral}}{2}$$

6. Cek debit lateral

$$Q \text{ cek} = \frac{Q}{\text{jumlah pipa lateral}}$$

7. Panjang pipa lateral

$$LL = \frac{\text{lebar bak} - Dm \times (2 \times DL)}{2}$$

c. Orifice

1. Luas lubang orifice

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times Do^2$$

2. Jumlah lubang orifice tiap bak filter

$$n = \frac{0,0025 \times \text{luas penampang bak filtrasi}}{\text{luas lubang orifice}}$$

3. Jumlah orifice tiap pipa lateral

$$n = \frac{\text{jumlah lubang orifice}}{\text{jumlah pipa lateral}}$$

2.2.3 Reservoir

2.2.5.1 Gambaran Umum

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya Reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik.

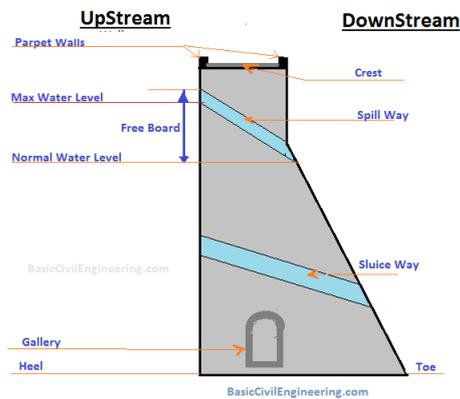
Fungsi utama dari Reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

2.2.5.2 Jenis-jenis Reservoir

Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

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



Gambar 2.14 Reservoir Permukaan

Sumber: (V.Sutharsan, n.d.)

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)



Gambar 2.15 Reservoir Menara

Sumber: (Anonim, 2023)

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

Sedangkan, 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 2.16 Reservoir Tangki Baja

Sumber: (*Savanna Tanks*, n.d.)

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.

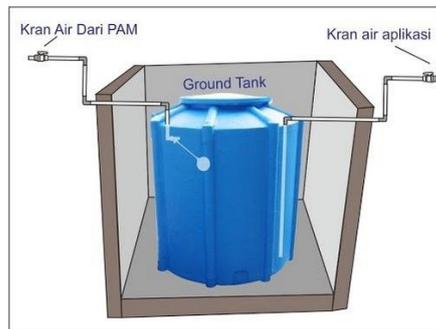


Gambar 2.17 Reservoir Beton Cor

Sumber: (*Aplikasi Dan Fungsi Ground Tank Beton*, n.d.)

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 2.18 Reservoir Fiberglass

Sumber: (*Fiberglass Water Tanks*, n.d.)

2.3 Persen Removal

Berdasarkan studi literatur yang telah kami kumpulkan, diperoleh rangkuman % penyisihan untuk unit pengolahan beserta keseluruhan parameter dalam air sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air bersih yang telah direncanakan. Berikut rangkuman % penyisihan air beserta sumber yang tertera.

Tabel 2.5 Unit Pengolahan Berdasarkan Parameter

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
1	BOD	<ul style="list-style-type: none"> • Prasedimentasi • Sedimentasi • Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) • Aerasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i> hal. 263 • Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4 th</i>, Hal 497 • Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i> • Mirwan, A., (2010). Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, CO₂ Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat • Pungus, M., (2019). Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair <i>laundry</i> menggunakan

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
			kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi
2	COD	<ul style="list-style-type: none"> • Aerasi • Filtrasi (<i>Rapid Sand Filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i>. • Mirwan, A., (2010). Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, CO₂ Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. • Pungus, M., (2019). Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair <i>laundry</i> menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi.
3	TSS	<ul style="list-style-type: none"> • Prasedimentasi • Sedimentasi • Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Syed R. Qasim 1985, <i>WWTP Planning Design and Operation</i>. Page 52 • Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th</i>, Hal 497 • Droste, 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>. Halaman 224
4	pH	<ul style="list-style-type: none"> • Netralisasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Reynolds/Richards 2nd, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i>, page 130

2.4 Profil Hidrolis

2.4.1 Gambaran Umum

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (*head loss*) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan

serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing-masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini.

Profil Hidrolis adalah merupakan upaya penyajian secara grafis “*hydraulic grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (*influent-effluent*) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi 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 yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan:

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

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

Rumus yang digunakan : $L \times S$

- e. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Cara yang mudah adalah dengan meng ekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S.

- f. Kehilangan tekanan pada pompa

Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.

- g. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram

2. Tinggi muka air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi 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:

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
- b. Tambahkan kehilangan tekanan antara *clear well* dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di *clear well*.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum *clear well* demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.

2.4.2 Rumus Perhitungan

Direncanakan elevasi awal sebagai tinggi permukaan tanah $\pm 0,00$ m. untuk penggunaan tanda (-) dan (+) disesuaikan dengan elevasi awal tanah.

- a. Aerasi

- Tinggi bangunan awal
= elevasi awal + (H total + tebal dinding)
- Level muka air
= elevasi awal + (H air + tebal dinding)

- b. Filtrasi

- Tinggi bangunan awal
= (elevasi awal + H total + tebal dinding) – kedalaman
- Level muka air

= (elevasi awal + tinggi bangunan) – freeboard

- Kedalaman di bawah

= tinggi bangunan - (elevasi awal + H total + tebal dinding)

c. Reservoir

- Kedalaman di bawah

= elevasi awal - (H total + tebal dinding)

- Level muka air

= elevasi awal – tebal dinding - freeboard