

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air adalah zat kimia yang paling umum di Bumi, terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen, membentuk molekul H₂O. Air sangat penting bagi semua bentuk kehidupan, karena berperan dalam reaksi kimia yang mendukung proses biologis, transportasi nutrisi, pemeliharaan suhu lingkungan, dan banyak fungsi vital lainnya (Campbell *et al*; 2014). Air memiliki sifat unik yang memungkinkannya untuk memenuhi berbagai fungsi penting, seperti sebagai pelarut, pendingin, medium reaksi kimia, dan media transportasi. Selain itu, air juga merupakan komponen utama dalam berbagai siklus alam, seperti siklus air, yang memengaruhi iklim, ekosistem, dan pola cuaca di seluruh dunia.

2.2 Air Baku

Air baku adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan air mentah atau sumber air yang belum diolah dan belum memenuhi standar kualitas air minum. Air baku dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk sungai, danau, mata air, atau sumur. Sebelum air baku dapat digunakan untuk konsumsi manusia atau aplikasi industri, perlu melalui proses pengolahan yang memadai untuk menghilangkan kontaminan dan zat-zat berbahaya. Pengolahan air baku mencakup beberapa tahapan, seperti penyaringan, koagulasi dan flokulasi, disinfeksi, serta pengaturan pH, yang bertujuan untuk menjadikan air baku menjadi air minum yang aman dan sesuai dengan standar kesehatan (Tchobanoglous *et al*; 2003). Dalam konteks pengelolaan sumber daya air, air baku juga merujuk pada sumber daya air alami yang belum dimanfaatkan untuk keperluan manusia atau industri. Pemanfaatan air baku secara bijak sangat penting dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air, mengingat semakin meningkatnya tekanan pada sumber daya air alam akibat pertumbuhan populasi dan perkembangan industri. Upaya konservasi dan perlindungan sumber air baku sangat dibutuhkan untuk memastikan ketersediaan air yang cukup untuk keperluan saat ini dan masa depan (Gleick & Palaniappan; 2010).

Salah satu pemanfaatan air baku yaitu diolah untuk menjadi air bersih maupun air minum. Dalam hal ini pemerintah Indonesia mengatur klasifikasi kelas sungai berdasarkan kegunaannya sebagai berikut (PP Nomor 22 Tahun 2021) :

a. Kelas Satu

Merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

b. Kelas Dua

Merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

c. Kelas Tiga

Merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

d. Kelas Empat

Merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Dari keempat kelas air ini, yang menyebabkan adanya perbedaan kualitas dan kegunaan dari air tersebut yaitu kandungan parameter di dalamnya yang meliputi parameter fisika dan parameter kimia sebagai berikut:

2.2.1 Parameter Fisika

a. Bau

Bau adalah salah satu dari lima indra manusia, yang memungkinkan kita untuk mendeteksi dan mengenali berbagai aroma atau aroma yang ada di sekitar kita. Ini adalah kemampuan untuk merasakan dan memahami rangsangan kimia yang dihasilkan oleh molekul yang terbawa oleh udara dan masuk ke dalam hidung kita. Kemampuan penciuman ini memainkan peran penting dalam berbagai aspek

kehidupan sehari-hari, termasuk dalam mengenali makanan, mengidentifikasi bau yang mungkin berbahaya, dan merasakan aroma yang berkaitan dengan kenangan dan emosi (Shepherd; 2006). Sebagai suatu parameter, bau dapat dikategorikan ke dalam parameter pencemar dimana air minum yang memiliki kualitas baik seharusnya tidak memiliki bau. Selain itu bau juga dapat menunjukkan kondisi dari air tersebut, sebagai contoh bau amis yang umumnya disebabkan oleh tumbuhan algae (Effendi; 2003).

b. Rasa

Air minum pada umumnya tidak memberikan rasa/ tawar. Air yang berasa dapat memberikan petunjuk bahwa didalamnya terkandung zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa logam/ amis, rasa pahit, asin, dan sebagainya. Efek yang diakibatkan pun berbeda-beda tergantung pada penyebab timbulnya rasa tersebut (Effendi; 2003)

c. Suhu

Suhu air merujuk pada tingkat panas atau dinginnya air, yang merupakan salah satu parameter fisik penting dalam ekosistem akuatik dan berpengaruh pada berbagai proses alam, termasuk sirkulasi air, kelarutan zat-zat dalam air, dan tingkat aktivitas biologis di dalamnya. Suhu air biasanya diukur dalam derajat Celsius (°C) atau Fahrenheit (°F) dan memiliki variasi musiman dan harian yang signifikan. Suhu air sangat penting bagi organisme akuatik, karena sebagian besar makhluk hidup yang hidup di perairan sangat tergantung pada kondisi suhu yang sesuai untuk pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi mereka. Perubahan suhu air yang ekstrem dapat memiliki dampak serius terhadap ekosistem akuatik dan dapat mengakibatkan perubahan dalam komunitas organisme yang ada (Kordzakhia *et al*; 2006).

Suhu air juga memainkan peran penting dalam industri dan kehidupan sehari-hari manusia. Misalnya, suhu air yang tepat penting dalam proses pengolahan air minum, pendinginan mesin, serta dalam budidaya perikanan dan akuakultur. Perubahan suhu air di lautan juga dapat memengaruhi cuaca dan iklim regional, serta berpotensi memicu perubahan dalam pola migrasi spesies laut dan kerusakan terumbu karang. Oleh karena itu, pemantauan suhu air dan pemahaman tentang

dampaknya menjadi penting dalam upaya konservasi lingkungan dan perencanaan sumber daya alam (Siedler *et al*; 2013).

d. Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik merupakan parameter yang nilainya dipengaruhi oleh tinggi rendahnya salinitas. Kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik dinyatakan dalam $\mu\text{mhos/cm}$. Daya hantar listrik merupakan gambaran numerik kemampuan air dalam meneruskan arus listrik. Oleh sebab itu kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik sangat dipengaruhi oleh garam-garam yang terionisasi pada air tersebut. Apabila dalam suatu larutan tidak terdapat ion-ion, maka larutan tersebut tidak dapat menghantarkan arus listrik (Emmy Sahara & I Made Siaka, 2015:9). Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik biasa disebut dengan larutan elektrolit dan sebaliknya larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik disebut larutan non elektrolit. Besaran daya hantar listrik pada air minum umumnya sebesar 50 – 1500 $\mu\text{mhos/cm}$, sedangkan daya hantar listrik pada air limbah bervariasi tergantung pada karakteristik cemaran yang ada pada limbah tersebut.

e. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan ukuran relative dari kejernihan air. Kekeruhan bukan merupakan ukuran langsung dari partikel tersuspensi yang ada dalam air melainkan, ukuran dari hamburan partikel-partikel tersebut terhadap cahaya. Kekeruhan diukur dari seberapa besar dampak dari partikel-partikel tersebut dalam mempengaruhi cahaya yang ditransmisikan dalam air, atupun seberapa besar partikel tersebut memantulkan cahaya dalam air. Kekeruhan seringkali disebabkan oleh sedimen, akan tetapi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) kekeruhan juga dapat disebabkan oleh bahan kimia maupun sumber polutan lain. PDAM selaku perusahaan yang melayani masyarakat tentang kebutuhan air senantiasa memonitor tingkat kekeruhan air untuk memastikan bahwa air yang didistribusikannya pada tingkat aman. Kekeruhan telah ditetapkan sebagai salah satu baku mutu air minum dengan batas kadar maksimum sebesar 3 NTU (SNI 01-3553 2006).

f. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solids (TSS) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah partikel padat yang terapung atau tersuspensi dalam suatu larutan

atau cairan. Partikel padat ini bisa berupa debu, tanah, pasir, atau bahan organik yang terlarut dalam air. Pengukuran TSS umumnya dilakukan dalam analisis kualitas air untuk mengidentifikasi tingkat pencemaran atau kontaminasi. Kadar TSS yang tinggi dalam air dapat merusak ekosistem perairan, karena partikel-partikel tersebut dapat mengaburkan air, menghambat penetrasi cahaya matahari, dan memengaruhi kelarutan oksigen dalam air. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian TSS sangat penting dalam menjaga kualitas air yang baik dan kesehatan lingkungan (McCarter & Chiu; 2006).

TSS dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk erosi tanah akibat hujan, aktivitas konstruksi, limbah industri, dan limbah pertanian. Pengendalian TSS melibatkan tindakan pencegahan erosi tanah, manajemen limbah industri yang tepat, dan praktik pertanian yang berkelanjutan. Selain itu, pengukuran TSS juga digunakan dalam proses pengolahan air untuk memastikan air yang diolah mencapai standar kualitas yang sesuai untuk keperluan konsumsi atau aplikasi industri.

g. *Total Dissolved Solid (TDS)*

Total Dissolved Solids (TDS) adalah parameter yang mengukur jumlah total zat terlarut dalam suatu larutan, biasanya diukur dalam miligram per liter (mg/L) atau parts per million (ppm). Zat terlarut ini dapat berupa garam, mineral, senyawa organik, atau bahan kimia lain yang ada dalam air atau larutan. TDS adalah indikator penting dalam analisis kualitas air dan memberikan informasi tentang tingkat kontaminasi atau komposisi kimia suatu larutan. Peningkatan kadar TDS dalam air dapat menjadi tanda adanya pencemaran yang berasal dari berbagai sumber, seperti limbah industri, pertanian, atau mineral alam. Pada air minum, TDS yang terlalu tinggi dapat memengaruhi rasa air dan kesehatan manusia, sehingga pemantauan dan pengendalian TDS menjadi penting dalam menjaga kualitas air yang aman untuk dikonsumsi (Hsieh & Yang; 2010).

Kadar TDS dalam air dapat bervariasi secara signifikan tergantung pada sumber airnya. Air yang mengalir melalui tanah atau batuan mungkin mengandung mineral alam seperti kalsium, magnesium, atau sulfat, yang dapat meningkatkan TDS. Di sisi lain, air yang terpapar polusi oleh limbah industri atau pertanian dapat

mengandung senyawa kimia berbahaya yang meningkatkan TDS. Untuk mengatasi masalah TDS yang tinggi dalam air minum, seringkali diperlukan proses pengolahan air yang melibatkan teknologi seperti penyaringan, penukaran ion, atau desalinasi. Pemantauan TDS juga penting dalam manajemen sumber daya air, terutama di daerah dengan pasokan air yang terbatas, untuk memastikan air yang digunakan untuk pertanian atau industri tidak mengandung kadar TDS yang merugikan.

2.2.2 Parameter Kimia

a. pH (Derajat Keasaman)

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menunjukkan seberapa asam atau basa suatu larutan. Ini didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala yang digunakan dalam menentukan pH bukanlah skala mutlak (Wikipedia, 2022). Skala ini melibatkan satu set larutan standar yang pH-nya ditentukan oleh kesepakatan internasional. Pada analisis pencemar lingkungan, nilai pH dapat dikategorikan sebagai beban pencemar karena keberadaan pH yang terlalu tinggi atau rendah dapat mempengaruhi ekosistem sungai serta pemanfaatan sungai tersebut secara signifikan.

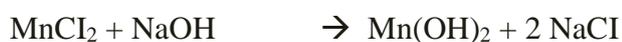
b. *Dissolved Oxygen* (DO)

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) merupakan salah satu parameter mengenai kualitas air. Tersedianya oksigen terlarut di dalam air sangat menentukan kehidupan di perairan tersebut (Mubarak dkk, 2010). Keberadaan oksigen di perairan sangat penting untuk diketahui sebab oksigen sangat penting bagi kehidupan. Banyaknya O_2 terlarut dalam perairan biasa disebut DO. Dilihat dari jumlahnya, oksigen terlarut adalah satu jenis gas terlarut dalam air pada urutan kedua setelah nitrogen. Namun jika dilihat kepentingannya bagi kehidupan, oksigen menempati urutan paling atas. Sumber utama oksigen dalam perairan adalah hasil difusi dari udara, terbawa melalui presipitasi (air hujan) dan hasil fotosintesis fitoplankton. Sebaliknya, kandungan DO dalam air dapat berkurang karena

dimanfaatkan oleh aktivitas respirasi oleh aktivitas respirasi dan perombakan bahan organik (Paena et al., 2015).

Kekurangan oksigen dapat dialami karena terhalangnya difusi akibat stratifikasi salinitas yang terjadi. Rendahnya kandungan DO dalam air berpengaruh buruk terhadap kehidupan ikan dan kehidupan akuatik lainnya, dan jika tidak ada sama sekali DO mengakibatkan munculnya kondisi anaerobik dengan bau busuk dan permasalahan estetika. Air mengalir pada umumnya kandungan oksigennya cukup karena gerakannya menjamin berlangsungnya difusi antara udara dan air. Bila pencemaran organik pada badan air, DO tersebut digunakan oleh bakteri untuk mengoksidasi bahan pencemar organik tersebut. Komposisi populasi hewan dalam air sangat erat hubungannya dengan kandungan oksigen. Kelarutan oksigen atmosfer dalam air segar atau tawar berkisar dari 14,6 mg/liter pada suhu 0°C hingga 7,1 mg/liter pada suhu 35°C pada tekanan satu atmosfer (Paena et al., 2015).

Salah satu metode yang umum digunakan dalam pengujian kadar oksigen terlarut adalah menggunakan metode titrasi dengan cara *winkler*. Prinsipnya dengan menggunakan titrasi *iodometri*. Sampel yang akan dianalisis terlebih dahulu ditambahkan larutan MnCl₂ dan NaOH atau KI, sehingga akan terjadi endapan MnO₂. Dengan menambahkan H₂SO₄ atau HCl maka endapan yang terjadi akan larut kembali dan juga akan membebaskan molekul iodium (I₂) yang ekuivalen dengan DO (Ashar, 2020). Iodium yang dibebaskan ini selanjutnya dititrasi dengan larutan standar natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃) dan menggunakan indikator larutan amilum (kanji). Reaksi kimia yang terjadi dapat dirumuskan sebagai berikut :



Kelebihan metode *Winkler* dalam menganalisis DO (*Dissolved Oxygen*), yaitu:

- a. Dengan mengikuti prosedur yang tepat dan standarisasi tio secara analitis, akan diperoleh hasil penentuan oksigen terlarut yang akurat.

- b. Peranan suhu dan salinitas ini sangat vital terhadap akurasi penentuan oksigen terlarut dengan cara DO meter.
- c. Dibandingkan dengan metode titrasi, peranan kalibrasi alat DO meter sangat menentukan akurasi hasil penentuan pengukuran.

Kelemahan metode Winkler dalam menganalisis DO (*Dissolved Oxygen*), yaitu:

- a. Penambahan indikator amilum harus dilakukan pada saat mendekati titik akhir titrasi agar amilum tidak membungkus I_2 karena akan menyebabkan amilum sukar bereaksi untuk kembali ke senyawa semula.

Proses titrasi harus dilakukan sesegera mungkin, hal ini disebabkan karena I_2 mudah menguap dan ada yang harus diperhatikan dari titrasi iodometri yang biasa dapat menjadi kesalahan pada titrasi iodometri yaitu penguapan I_2 , oksidasi udara dan adsorpsi I_2 oleh endapan.

c. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD biasa disebut juga sebagai KOB atau Kebutuhan Oksigen Biologis. BOD merupakan analisis empiris untuk mengukur proses-proses biologis dari mikroorganisme didalam air. Nilai BOD adalah salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk menunjukkan kadar oksigen yang digunakan mikroorganisme dalam menguraikan zat-zat organik yang terkandung dalam air (Ahyar dan Muzir, 2019). Oleh karena itu pengujian BOD dapat dilakukan dengan menghitung kadar DO (*Dissolved Oxygen*) pada hari ke-0 dan DO setelah hari ke-5. Proses penguraian materi organik melalui oksidasi oleh mikroorganisme pada suatu limbah umum terjadi apabila dalam perairan tersebut memiliki kandungan oksigen yang mencukupi. Pada proses penguraian tersebut bakteri akan mengkonsumsi oksigen terlarut sehingga dapat mempengaruhi kehidupan dari biota dalam perairan tersebut serta menimbulkan bau (Napitupulu, 2019).

BOD adalah indikator pencemaran organik yang digunakan sebagai tolak ukur pengendalian kualitas limbah cair atau penilaian terhadap kepekatan limbah. Analisa BOD biasa dimanfaatkan untuk merancang system penanganan limbah cair secara biologis berdasarkan reaksi oksidasi yang terjadi. Secara umum analisis BOD hampir sama dengan BOD dalam hal unsur yang mampu terdegradasi dalam proses pengujiannya. Akan tetapi dalam pengujian BOD dapat menguji sampel

dengan kandungan NH_3 bebas tinggi yang tidak dapat terdegradasi dalam pengujian COD.

d. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terdapat dalam air (Boyd, 1990). COD dapat juga diartikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan dalam proses oksidasi zat-zat organik dalam air yang sebagian besar berubah menjadi CO_2 dan H_2O . Umumnya pengukuran COD memerlukan waktu yang lebih singkat daripada pengukuran BOD. Waktu pengujian yang relative cepat ini dapat terjadi karena pengujian COD merupakan jenis pengujian kimia. Karena merupakan uji kimia, maka analisa COD tidak dipengaruhi oleh aktivitas bakteri. Oleh karena itu, senyawa yang mungkin bersifat toksik dalam limbah tidak berpengaruh pada analisa ini (Hidayat, 2016). Pada air dengan suasana asam hampir semua zat organik atau sekitar 85% zat organik dapat teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O . Parameter COD dapat digunakan sebagai ukuran beban pencemaran dalam air oleh zat-zat organik, hal ini dapat terjadi karena zat-zat organik tersebut secara alamiah dapat dioksidasi oleh mikroorganisme dengan menggunakan oksigen dalam air sehingga akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) di dalam air. Sehubungan dengan hal tersebut kadar COD dalam air juga akan berkurang seiring dengan menurunnya konsentrasi bahan organik dalam sampel. Pengujian COD digunakan untuk mengetahui kadar bahan organik yang mampu teroksidasi oleh bahan kimia yang bersifat oksidator kuat dalam media asam.

e. Fosfat

Fosfat merupakan unsur yang keberadaannya melimpah dalam kerak bumi bahkan merupakan unsur kesebelas yang paling melimpah. Meskipun secara keseluruhan jumlahnya sangat besar, akan tetapi unsur fosfat diklasifikasikan sebagai unsur renik secara geokimia. Pada batuan bektu serta batuan meamorfosis unsur P dapat ditemukan sebagai mineral fluoraptit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, sedangkan pada batuan sedimen unsur ini ditemukan dalam bentuk mineral karbonat fluorapatite.

Fosfat adalah salah satu nutrisi yang sangat esensial bagi semua bentuk kehidupan. Hal ini dapat terjadi karena fosfat berperan dalam transfer energi di

dalam sel. Fosfat juga merupakan unsur yang penting bagi pertumbuhan tanaman tingkat tinggi serta alga. Keberadaan unsur fosfat dalam perairan secara alami dapat terjadi karena pelapukan batuan mineral seperti *fluorapatite*, *hydroxylapatite*, *strengire*, *whitlockite*, dan *berlinite*. Selain itu unsur fosfat dalam air juga dapat berasal dari dekomposisi materi organik. Sedangkan sumber fosfat yang tidak alami dapat berasal dari limbah industri, limbah rumah tangga, dan aktivitas pertanian (Effendi, 2003).

f. Nitrogen Total

Selain fosfor, nitrogen juga merupakan unsur nutrient yang memiliki peran penting bagi pertumbuhan organisme perairan. Unsur ini dibutuhkan dalam proses fotosintesis, sintesa protein dan penyusunan gen serta pertumbuhan dari organisme. Dalam air unsur nitrogen dapat ditemukan dalam bentuk senyawa nitrit, nitrat, ammonium dan amoniak. Senyawa-senyawa tersebut dapat berdampak baik bagi pertumbuhan tanaman air terutama algae akan tetapi senyawa amoniak, nitrit dan nitrat dapat berdampak buruk bagi hewan akuatik karena bersifat toksik.

Nitrat merupakan hasil dari nitrifikasi yang dilakukan bakteri *Nitrobacter* dalam air limbah ataupun perairan alami selama proses reduksi gas nitrogen secara mikrobiologi (Wardoyo, 1982). Selain itu unsur nitrogen di alam memiliki bentuk yang berbeda-beda karena perbedaan tahap oksidasi yang dilaluinya. Total Nitrogen merupakan pengujian yang dilakukan untuk menghitung gabungan dari nitrogen organik dan nitrogen anorganik. Nitrogen organik terdiri dari campuran asam amino, gula amino dan protein, sedangkan nitrogen anorganik berada dalam bentuk ammonia (NH_3 dan NH_4^+), nitrit (NO_2) dan nitrat (NO_3) (Burton and Tchobanoglous, 2018). Umumnya konsentrasi nitrit sangat kecil, hal ini dapat terjadi karena nitrit merupakan bentuk intermediet dari proses oksidasi ammonia menjadi nitrat. Akan tetapi nitrit memiliki tingkat toksisitas yang tinggi sehingga keberadaan senyawa ini sangat dibatasi pada air minum.

g. Fe

Fe atau besi merupakan unsur kimia yang umum ditemukan pada setiap permukaan bumi, lapisan geologis maupun badan air. Besi merupakan logam dalam deret transisi pertama. Logam ini adalah unsur paling umum di bumi berdasarkan

massanya. Logam besi membentuk Sebagian besar bagian inti luar dan dalam bumi. Logam ini juga merupakan unsur keempat terbesar pada kerak bumi. Umumnya unsur besi yang ditemukan dalam air dapat berbentuk:

1. Terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri)
2. Tersuspensi sebagai butir koloidal dengan diameter $<1\mu m$ atau lebih besar
3. Tergabung dengan zat organik atau padatan inorganic seperti tanah liat.

Keberadaan Fe pada air permukaan umumnya tidak lebih dari 1 mg/L, akan tetapi pada air tanah kadar Fe bisa lebih tinggi karena adanya interaksi air tanah dengan batuan yang mengandung unsur besi didalamnya. Air dengan konsentrasi Fe yang tinggi akan menimbulkan rasa dan aroma besi jika dikonsumsi serta dapat menodai kain atau perkakas dapur. Selain itu pada jaringan distribusi air, keberadaan Fe dapat mempersempit luas permukaan pipa dengan membentuk endapan pada dinding pipa, mempengaruhi kekeruhan air serta pertumbuhan bakteri (Susilawati, 2021).

Unsur Fe juga diperlukan dalam tubuh. Orang dewasa umumnya memerlukan asupan zat besi 7-18 mg/hari. Kandungan zat besi dalam tubuh Sebagian besar dimanfaatkan dalam pembentukan sel darah, oleh karena itu kekurangan zat besi dapat menyebabkan penyakit anemia. Disisi lain, jika kelebihan zat besi dalam tubuh dapat menyebabkan *siderosis* atau *hemosiderosis*. Kondisi ini dapat terjadi akibat kegagalan tubuh dalam mengatur jumlah zat besi untuk diserap *hemokromotik* atau karena tingginya penyerapan zat besi (Latifah, 2021).

2.2.3 Parameter Biologi

a. Total Coliform

Total coliform adalah kelompok mikroorganisme yang terdiri dari berbagai jenis bakteri, termasuk *Escherichia coli* (*E. coli*), yang dapat ditemukan dalam lingkungan, terutama di dalam air, tanah, dan tumbuhan. Pengukuran total coliform digunakan sebagai indikator kualitas air dan sanitasi. Kehadiran coliform dalam air dapat menunjukkan adanya pencemaran yang mungkin berasal dari limbah manusia atau hewan. Coliform adalah kelompok bakteri yang secara alami ada di lingkungan, tetapi kehadiran coliform dalam jumlah yang tinggi dalam air minum

atau air sungai dapat menunjukkan kontaminasi yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia. Oleh karena itu, pengukuran total coliform digunakan untuk mengawasi keamanan air minum dan kualitas air dalam sistem perairan. Sebagai contoh, dalam penelitian oleh M. I. Zainudin *et al.* (2020), pengukuran total coliform digunakan untuk mengevaluasi kualitas air di beberapa sungai di Malaysia. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa kehadiran total coliform dalam air sungai secara signifikan melebihi batas yang ditetapkan untuk air minum yang aman dan menunjukkan adanya masalah pencemaran di sungai-sungai tersebut.

2.3 Bangunan Pengolahan Air Baku

Bangunan pengolahan air baku mempunyai kelompok tingkat pengolahan, yaitu:

1. Pengolahan pendahuluan (*Pre-treatment*)
2. Pengolahan pertama (*Primary-treatment*)
3. Pengolahan kedua (*Secondary-treatment*)
4. Pengolahan lumpur (*Sludge-treatment*)

2.3.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-treatment*)

Pengolahan pendahuluan pada air minum adalah tahap awal dalam proses pengolahan air yang bertujuan untuk menghilangkan kontaminan kasar dan partikel besar dari sumber air. Tahap ini umumnya melibatkan penyaringan mekanis atau fisik seperti penyaringan pasir atau penyaringan berlapis untuk menghilangkan partikel besar, seperti debu, lumpur, dan serpihan tanaman, dari air mentah (Wiley & Sons; 2011). Selain itu, pada tahap ini juga dapat dilakukan pengendalian pH atau penambahan bahan kimia pengkoagulasi untuk membantu menggumpalkan partikel-partikel kecil sehingga dapat dengan lebih efektif dihilangkan dalam tahap berikutnya. Proses pengolahan pendahuluan ini penting karena membantu menjaga kebersihan dan kualitas air yang masuk ke dalam sistem pengolahan air lebih lanjut, yang meliputi langkah-langkah seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan desinfeksi. Unit-unit yang termasuk ke dalam pengolahan pendahuluan (*Pre-treatment*) adalah sebagai berikut:

a. Bangunan Penyadap (*Intake*)

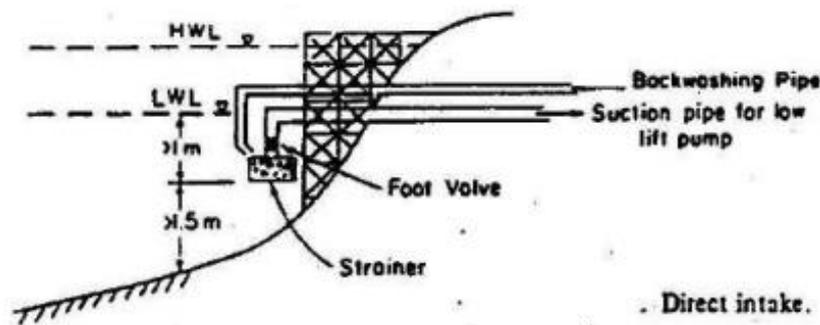
Intake merupakan struktur yang dibangun pada sumber air seperti sungai, danau, atau waduk dengan tujuan mengarahkan air ke suatu kolam didalamnya sehingga dapat diteruskan ke komponen lain dengan andal (Eryani; 2023). Pada bangunan atau konstruksi *intake* ini umumnya dilengkapi dengan *bar screen* yang bertujuan untuk menyaring benda-benda yang ikut terbawa dalam aliran air. Selanjutnya air akan dipompa menuju bangunan atau konstruksi berikutnya, yaitu *Water Treatment Plant* (WTP) (Abduh, M. N; 2018). Sebagai bangunan yang berfungsi untuk menangkap air dari sumber air permukaan seperti sungai, bangunan *Intake* harus mampu mengakomodir fluktuasi debit dari badan air sehingga diperlukan perencanaan yang benar agar mampu mensuplai air secara kontinyu. Bangunan *Intake* umumnya dilengkapi dengan *bar screen*, *stop log*, dan pintu air. Pada hal ini pemasangan *stop log* berfungsi untuk menurunkan kadar lumpur yang terbawa aliran air sedangkan pintu air berfungsi untuk mengatur debit yang melalui bangunan *intake* sebelum masuk ke sumur penyeimbang. Dalam merencanakan bangunan *intake*, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Penempatan bangunan *intake* hendaknya pada aliran sungai yang tidak terlalu deras.
2. Lokasi pembangunan *intake* harus memiliki struktur tanah yang stabil dan tidak mudah terkena erosi.
3. Aliran sungai yang menuju *intake* harus bebas dari hambatan.
4. Letak saluran *inlet* sebaiknya dibawah permukaan sungai dengan tujuan mencegah masuknya benda terapung serta mengurangi beban *bar screen* dan mencegah terjadinya penyumbatan.
5. *Intake* sebaiknya berada cukup jauh dari sumber kontaminasi.
Intake sebaiknya dilengkapi saringan (*bar screen*) yang rutin dilakukan pembersihan.

Menurut Kawamura (2000), bangunan intake memiliki tipe yang beragam, antara lain:

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

Digunakan untuk sumber air seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. Intake jenis ini dapat memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya. Jenis intake ini dapat dilihat pada gambar 2.1.



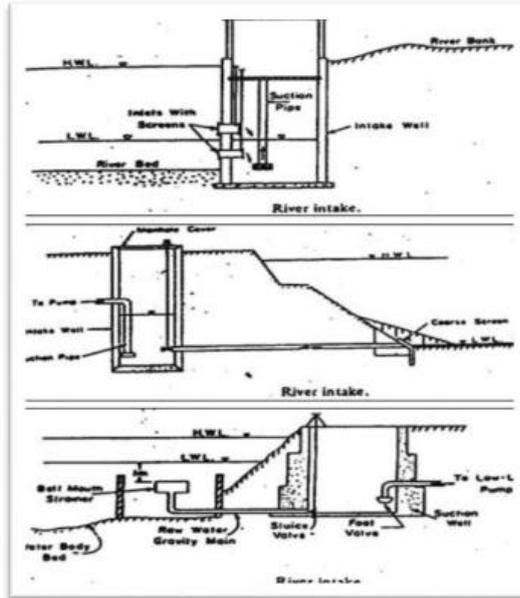
Gambar 2. 1 *Direct Intake*

(Sumber: Kawamura, 2000)

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

a. *River Intake*

River intake adalah infrastruktur yang dirancang untuk mengambil air dari sungai atau sumber air permukaan lainnya untuk penggunaan manusia, seperti pasokan air minum dan industri. Fasilitas ini biasanya melibatkan struktur fisik, pompa, atau saluran yang mengarahkan air dari sungai ke sistem pengolahan air. River intake merupakan komponen kunci dalam pasokan air bersih, memungkinkan pengambilan air mentah yang nantinya akan diolah untuk menghilangkan kontaminan dan menjaga kualitas air yang aman. Contoh penting dari river intake adalah yang digunakan dalam sistem pengolahan air minum kota besar, yang memastikan bahwa air yang masuk ke dalam instalasi pengolahan awalnya sudah berasal dari sumber yang sesuai dan dapat diolah dengan efektif untuk kebutuhan konsumsi masyarakat (Wiley & Sons, 2011). Jenis intake ini dapat dilihat pada gambar 2.2.

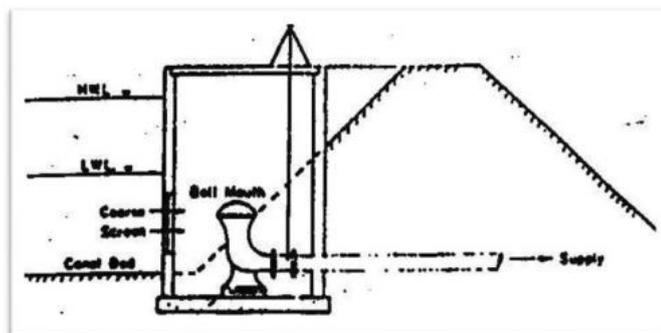


Gambar 2. 2 *River Intake*

(Sumber : Kawamura, 2000)

b. *Canal Intake*

Canal intake digunakan untuk mengambil air dari kanal atau saluran air buatan yang mengalir dari sungai atau sumber air utama ke lokasi yang membutuhkan pasokan air. Biasanya, canal intake dilengkapi dengan struktur atau pompa yang mengarahkan aliran air dari kanal ke saluran atau instalasi pengolahan air jika diperlukan. Canal intake sangat penting dalam manajemen sumber daya air dan distribusi air, memastikan pasokan air yang cukup dan efisien ke berbagai penggunaan (Arami & Bagheri; 2017). Jenis intake ini dapat dilihat pada gambar 2.3.

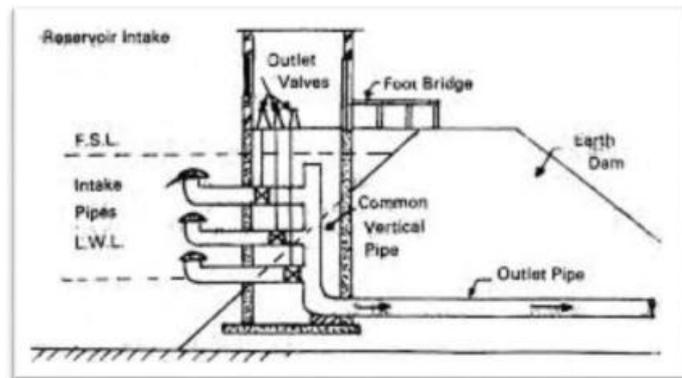


Gambar 2. 3 *Canal Intake*

(Sumber : Kawamura, 2000)

c. *Reservoir Intake*

Reservoir intake adalah jenis intake yang dirancang untuk mengambil air dari sebuah waduk atau bendungan. Waduk ini biasanya digunakan untuk menyimpan air sebagai cadangan untuk berbagai keperluan, termasuk pasokan air minum, irigasi, atau pembangkitan listrik. Reservoir intake berfungsi sebagai titik awal dalam pengambilan air dari waduk, memungkinkan pengaturan aliran air ke dalam saluran atau sistem distribusi yang lebih luas. Pengambilan air dari reservoir sering melibatkan penggunaan pompa atau struktur kontrol khusus untuk mengatur aliran air dan memastikan pengambilan air yang efisien sesuai dengan kebutuhan (Wurbs; 1993). Jenis intake ini dapat dilihat pada gambar 2.4.

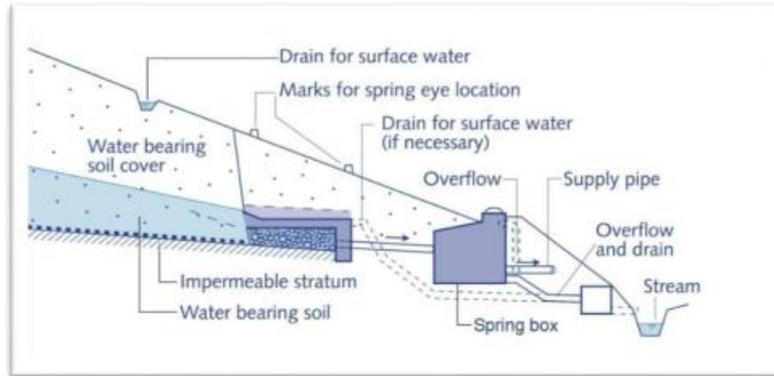


Gambar 2. 4 *Reservoir Intake*

(Sumber : Collection and Distribution of water by Zerihun Alemayehu)

d. *Spring Intake*

Spring intake adalah jenis intake yang metode pengambilannya menggunakan mata air (spring) sebagai sumber air. Mata air adalah aliran air alami yang berasal dari tanah atau batuan dan biasanya memiliki kualitas air yang baik karena telah melalui proses penyaringan alami. Spring intake melibatkan pembangunan struktur atau saluran yang mengarahkan air dari mata air ke sistem distribusi air atau instalasi pengolahan jika diperlukan. Pengambilan air dari mata air merupakan cara yang umum digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, terutama di daerah yang memiliki mata air yang melimpah dan berkualitas tinggi (Lapwort *et al*; 2019). Jenis intake ini dapat dilihat pada gambar 2.5.

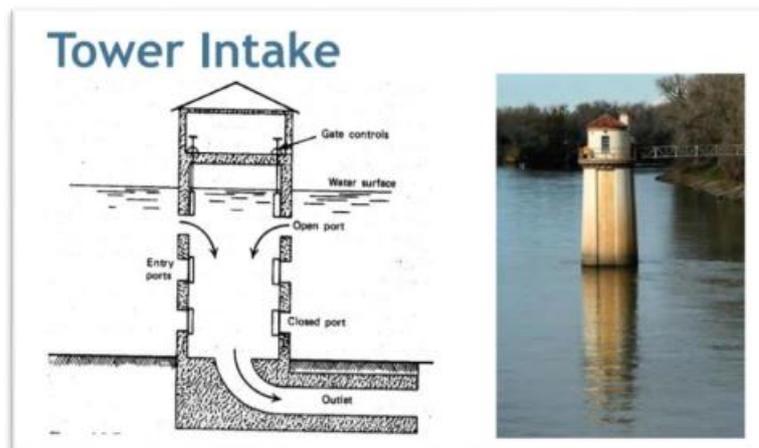


Gambar 2. 5 *Spring Intake*

(Sumber: Collection and Distribution of water by Zerihun Alemayehu)

e. *Intake Tower*

Intake tower adalah struktur yang dibangun di perairan seperti sungai, danau, atau waduk untuk mengambil air yang akan digunakan dalam sistem pengolahan air atau berbagai aplikasi lainnya. Struktur ini biasanya terdiri dari menara atau bangunan yang dilengkapi dengan pompa atau saluran yang mendukung pengambilan air dari kedalaman tertentu dalam perairan. Intake tower memungkinkan pengambilan air yang lebih efisien dan dapat mengurangi risiko terpapar kontaminan permukaan, karena air diambil dari kedalaman yang lebih dalam. Selain itu, intake tower juga dapat berfungsi sebagai penyaring awal untuk menghilangkan partikel kasar sebelum air masuk ke dalam sistem pengolahan atau distribusi (Mishra *et al*; 2017). Jenis intake ini dapat dilihat pada gambar 2.6.

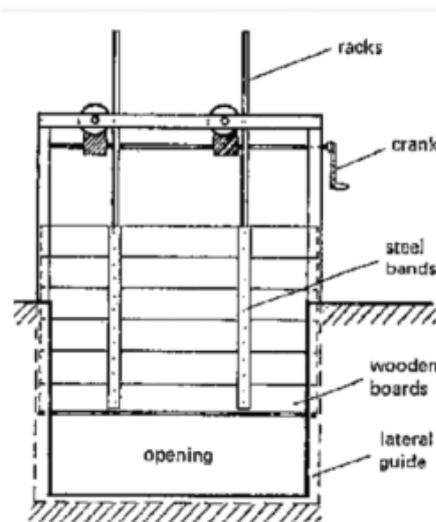


Gambar 2. 6 *Intake Tower*

(Sumber : Collection and Distribution of water by Zerihun Alemayehu)

f. *Gate Intake*

Gate intake adalah jenis bangunan intake yang digunakan untuk mengambil air dari sumber air seperti sungai atau saluran. Struktur ini terdiri dari serangkaian pintu air atau gerbang yang dapat dibuka atau ditutup untuk mengatur aliran air yang masuk ke dalam sistem pengolahan atau distribusi. Gate intake sering digunakan dalam situasi di mana perlu mengontrol aliran air secara manual, seperti pada waktu banjir atau saat perlu menahan aliran air untuk pemeliharaan atau perbaikan. Jenis intake ini dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Gate Intake*

(Sumber : Planning of the intake structure)

Pada perancangan instalasi pengolahan air minum ini jenis intake yang dipilih yaitu *river intake*. Pemilihan jenis intake ini didasarkan pada jenis air baku yang akan digunakan yaitu air yang berasal dari sungai Bedadung. Selain ini jenis intake ini juga memiliki beberapa keunggulan yaitu sungai sebagai pemasok air baku umumnya memiliki pasokan air yang relatif konsisten sepanjang tahun, biaya pembangunan dan operasionalnya rendah dan pembangunannya relatif lebih mudah dilakukan. Dalam merancang unit intake dapat dilakukan dengan memperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

1. Debit intake

$$Q = \frac{Q \text{ Kapasitas Produksi}}{\Sigma \text{ Pipa}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

Q = debit (m³/s)

Σ = jumlah pipa intake

2. Luas pipa intake

$$A = \frac{Q \text{ Pipa intakes}}{V} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

A = luas penampang (m²)

Q = debit (m³/s)

V = kecepatan (m/s)

3. Diameter pipa intake

$$D = \left(\frac{4 \times A}{\pi} \right)^{0,5} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

D = diameter pipa (m)

A = luas penampang (m²)

4. Kecepatan

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

V = kecepatan (m/s)

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang (m²)

5. Head losses mayor sepanjang pipa

$$D = \left(\frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \right) \times L \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

Q = debit (m³/s)

Σ = jumlah pipa intake

6. Head losses minor (H_m)

$$H_m = \frac{K \times V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

H_m = minor losses (m)

K = koefisien kehilangan energi

V = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

7. Slope pipa

$$S = \frac{H_f}{L} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

S = slope pipa (m/m)

H_f = head losses (m)

L = panjang pipa (m)

8. Jumlah kisi pada bar screen

$$D = n \times d \times (n + 1) \times r \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

n = jumlah kisi

d = lebar batang kisi (m)

r = jarak antar kisi (m)

D = lebar screen (m)

9. Velocity head (h_v)

$$H_v = \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

h_v = velocity head (m)

V = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m^2/s)

10. Headloss metlalui screen ($H_{f_{screen}}$)

$$H_f = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \times H_v \times \sin \alpha \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

β = koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

Nilai dari koefisien minor losses ditentukan oleh bentuk dari bar yang digunakan.

Nilai dari koefisien minor losses dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Nilai Koefisien Minor Losses

Bentuk Bar	Nilai Minor Losses (β)
<i>Shaped edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	1,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular up stream and down stream face</i>	1,67
<i>Tear shape</i>	0,765

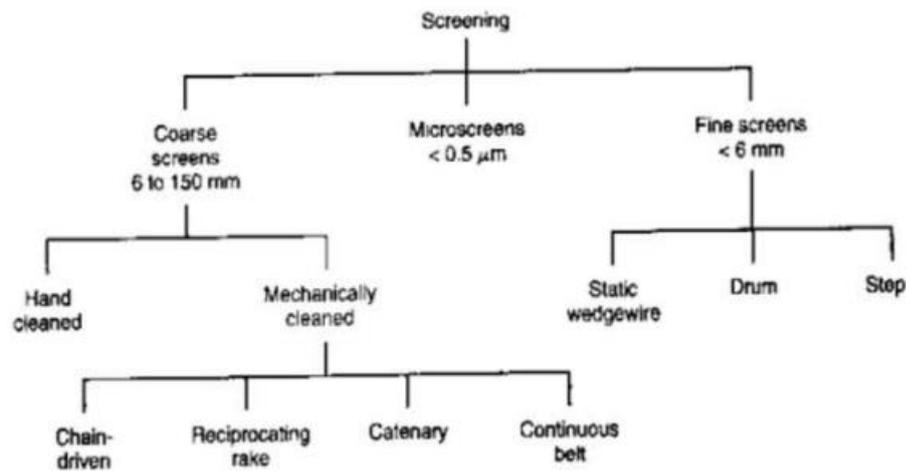
Sumber : (Qasim, 2000)

b. Bar Screen

Bar screen adalah salah satu jenis perangkat penyaringan mekanis yang digunakan dalam pengolahan air untuk menghilangkan partikel-partikel besar dan benda-benda kasar dari aliran air mentah. Perangkat ini terdiri dari serangkaian bilah atau batang logam yang ditempatkan secara vertikal dalam saluran aliran air. Ketika air mengalir melalui bar screen, partikel-partikel besar seperti daun, sampah,

atau serpihan kayu tertahan di antara bilah-bilah logam, sementara air yang lebih bersih terus mengalir ke dalam sistem pengolahan. Bar screen sangat penting untuk melindungi pompa dan peralatan pengolahan air lainnya dari kerusakan akibat benda-benda kasar yang dapat masuk ke dalam sistem (Metcalf & Eddy; 2003).

Screening diklasifikasikan menjadi 3, ditunjukkan pada gambar 2.8. Didalamnya terdapat batang paralel, batang atau kawat, kisi-kisi, kasa kawat, atau pelat berlubang, dan bukaan dapat berbentuk apapun tetapi umumnya adalah slot melingkar atau persegi panjang. Screen yang terdiri dari batang atau batang paralel sering disebut “bar rack” atau coarse screen dan digunakan untuk menghilangkan padatan kasar. (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2. 8 Kriteria Screen

(Sumber : *Metcalf & Eddy, 2003 Hal 315*)

1. *Coarse Screen* (Penyaringan Kasar)

Ukuran celah pada coarse screen umumnya berada dalam kisaran 6 hingga 150 mm (Metcalf & Eddy, 2004). Dengan dimensinya yang bervariasi tersebut, coarse screen biasanya digunakan untuk menghilangkan benda-benda berukuran besar. Coarse screen dapat diklasifikasikan berdasarkan metode pembersihannya, yaitu secara manual (*manual cleaning*) atau mekanik (*mechanical cleaning*). Jenis manual selain berfungsi melindungi peralatan di IPAL, juga dapat dijadikan sebagai alternatif untuk jenis mekanik atau ditempatkan sebagai saluran by-pass. Sementara itu, jenis mekanik adalah yang paling umum digunakan karena tidak memerlukan

operator untuk membersihkan permukaannya. Biasanya terdiri dari jeruji (bar screen) dengan jarak antara jeruji sekitar 1 cm atau lebih. Fungsinya adalah untuk melindungi pompa, katup, pipa, dan peralatan lainnya dari potensi kerusakan atau penyumbatan oleh sampah. Bentuk dari *coarse screen* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 *Coarse Screen*

Sumber : ([Sub-vertical Automatic Stainless Steel Mechanical Coarse And Fine Thin Bar Trash Rake Screen Machine For Wastewater Treatment - Buy Screw Sludge Dewatering Machine,Dosing Pump,Tooth Rake Grille Product on Alibaba.com](#))

Kriteria perencanaan dari *coarse screen* dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan Coarse Screen

Parameter	U.S. Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanik	Unit	Manual	Mekanik
Ukuran batang						
Lebar	inch	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	mm	5 – 15	5 – 15
Kedalaman	inch	1,0 – 1,6	1,0 – 1,6	mm	25 – 38	25 – 38
Jarak Antar Batang	inch	1,0 – 2,0	0,6 – 3,0	mm	25 - 50	15 -75
Kemiringan terhadap vertical	°	30 - 45	0 - 30	°	30 - 45	0 - 30
Kecepatan						
Maksimum	Ft/s	1,0 – 2,0	2,0 – 3,25	m/s	0,3 – 0,6	0,6 – 1,0
Minimum	Ft/s		1,0 – 1,6	m/s		0,3 – 0,5

Parameter	U.S. Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanik	Unit	Manual	Mekanik
Headloss	Inch	6	6 – 24	m/s	150	150-600
Harga	Rp 76.000.000,00					

(Sumber: *Metcalf And Eddy WWET, And Reuse 4th Edition, Halaman 316*)

2. *Fine Screen* (Penyaringan Halus)

Fine screen memiliki celah dengan ukuran kurang dari 6 mm (Metcalf&Eddy, 2004). Dengan celah yang kecil ini, fine screen tidak hanya berperan sebagai perangkat dalam tahap pra pendahuluan, tetapi juga sebagai unit pengolahan primer. Penerapan fine screen dapat berkontribusi dalam mengurangi TSS sekitar 15-30%, BOD sekitar 5-25%, lemak sekitar 30-50%, dan padatan mengapung hingga mencapai 90%. Fine screen umumnya terdiri dari saringan berbahan kain atau plat berpori yang biasanya ditempatkan pada sabuk, drum berputar, atau disk dalam suatu kedalaman tertentu. Saringan halus dapat digunakan pada berbagai tahap pengolahan, termasuk pengolahan pendahuluan (setelah bar screen), pengolahan awal (sebagai alternatif untuk water clarifier awal), dan pengolahan campuran limbah. Unit *fine screen* dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 *Fine Screen*

Sumber : ([Automatic Fine Screen Bar Screen For Sewage Treatment Plant - Buy Factory Price Trash Rake Grille,Grille Decontamination Machine,Stainless Steel Grille Cleaning Machine Product on Alibaba.com](#))

Dalam merancang unit *fine screen* perlu diperhatikan klasifikasi-klasifikasi seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 3 Klasifikasi Fine Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen		Bahan Screen	Penggunaan	
	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran			
		inch			mm
Miring (diam)	sedang	0,01 – 0,1	0,25 – 2,5	Ayakan kawat terbuat dari stainless-steel Pengolahan primer	
Drum berputar	kasar	0,1 – 0,2	2,5 - 5	Ayakan kawat terbuat dari stainless-steel Pengolahan pendahuluan	
	sedang	0,01 – 0,1	0,25 – 2,5	Ayakan kawat terbuat dari stainless-steel Pengolahan primer	
	halus	-	6 – 35 μ m	Stainless-steel dan kain polyster Meremoval residual dari suspended solid sekunder	
Horizontal Reciprocating Tangential	sedang	0,06	0,17	Batangan stainless-steel Gabungan dengan saluran air hujan	
	halus	0,0475	1200 μ m	Jala-jala yang terbuat dari stainless steel Gabungan dengan saluran pembawa	
Harga	Rp 38.000.000,00				

(Sumber: *Metcalf And Eddy WWET, And Reuse 4th Edition*)

3. *Micro Screen*

Micro screen adalah unit air atau limbah yang dirancang untuk menghilangkan partikel-partikel yang sangat kecil dari aliran air. Perangkat ini digunakan dalam pengolahan air minum, pengolahan air limbah, dan berbagai aplikasi lainnya di mana penyisihan partikel mikroskopis adalah penting. Micro screen biasanya menggunakan media penyaringan berpori yang sangat halus, seperti kain kawat stainless steel, saringan membran, atau filter berpori. Air mengalir melalui media tersebut, dan partikel-partikel yang lebih kecil daripada celah pada media akan terperangkap, sementara air yang lebih bersih melewati media dan dapat digunakan atau dibuang. Micro screen dapat menghilangkan partikel-partikel seperti bakteri, alga mikroskopis, dan partikel organik halus, meningkatkan kualitas air atau limbah yang diolah. Perangkat ini sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan tingkat penyaringan yang sangat tinggi untuk mencapai standar kualitas tertentu. Unit micro screen dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 *Micro Screen*

Sumber : ([or-tec-blue-whale-filtration-separation.pdf](#))

Dari jenis-jenis bar screen di atas yang digunakan dalam perancangan bangunan air minum ini yaitu jenis *coarse screen*. Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk merancang unit ini adalah sebagai berikut.

1. Jumlah kisi

$$W_s = n \times d + (n + 1) \times R \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

W_s = lebar saluran pembawa atau lebar screen (m)

n = jumlah batang/kisis

d = lebar batang (m)

r = jarak antar batang (m)

2. Lebar bukaan kisi

$$W_c = W_s - n \times d \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

$W_c \dots$ = lebar bukaan kisi (m)

$W_s \dots$ = lebar saluran pembawa atau lebar screen (m)

n = jumlah batang/kisi

d = lebar batang (m)

3. Panjang kisi

$$X = \frac{y}{\sin \theta} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

x = panjang kisi (m)

$\sin \theta$ = kemiringan screen

y = kedalaman total saluran pembawa atau tinggi screen (m)

4. Cek kecepatan setelah melalui kisi

$$v_i = \frac{Q}{W_c \times h} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

v_i = kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

Q = debit (m^3/s)

W_c = lebar bukaan kisi (m)

5. Headloss pada bar screen

Ketika non clogging

$$h_L = \frac{1}{C} x \left(\frac{V_2 - v_2}{2g} \right) \quad (2.15)$$

Keterangan :

h_L = headloss saat clean screen

C = koefisien discharge (0,7 untuk clean screen)

V_2 = kecepatan alir fluida dalam saluran pembawa (m/s)

v_2 = kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

Ketika clogging

$$h_L = \frac{1}{C} x \left(\frac{V_2 - v_2}{2g} \right) \quad (2.15)$$

Keterangan :

h_L = headloss saat clean screen

C = koefisien discharge (0,6 untuk dirty screen)

V_2 = kecepatan alir fluida dalam saluran pembawa (m/s)

v_2 = kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

(Sumber: Metchalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition, hal 316)

c. Bak Penampung

Bak penampung merupakan unit yang berfungsi untuk menampung dan mengatur keseimbangan aliran air baku dari bangunan intake ke pompa intake. Dalam bangunan ini air mengalir secara gravitasi dari bangunan intake dan ketinggian permukaan air di sumur penyeimbang ini sama dengan ketinggian air sungai. Pada bangunan ini tidak ada proses apapun terhadap air baku. Rumus perhitungan yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut:

1. Volume bak penampung
2. Dimensi bak penampung
3. Ketinggian total bak penampung



Gambar 2. 12 Bak Penampung

Sumber : ([Injeksi Bocor Bak Penampungan Air Limbah - PT Niaga Artha Chemcons \(ptnac.com\)](#))

d. Prasedimentasi

Bak prasedimentasi ini berfungsi untuk mengurangi partikel diskrit dan material kasat lainnya dengan diendapkan secara gravitasi. Partikel diskrit merupakan partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran serta beratnya setelah mengendap (Purnawan & Wachjoe; 2021). Proses sedimentasi atau pengendapan di unit ini bergantung pada kecepatan pengendapan partikel dan kecepatan aliran permukaan. Unit ini juga berfungsi untuk meringankan beban pengolahan selanjutnya yang diakibatkan oleh tingginya konsentrasi padatan terlarut pada air yang diolah seperti pada air sungai. Permasalahan yang sering dialami oleh unit ini yaitu tumbuhnya alga serta terbawanya sampah berukuran sedang yang tidak tersaring oleh bar screen di bangunan intake (Ermawati & Aji; 2018). Bentuk unit prasedimentasi dapat dilihat pada gambar 2.13 berikut ini.



Gambar 2. 13 Bak Prasedimentasi

Sumber : (Dokumen Pribadi, 2023)

Bak pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangan yaitu (Qasim dkk, 2000):

1. Zona inlet Tempat menghaluskan aliran transisi, dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminer).
2. Zona pengendapan Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air.
3. Zona lumpur Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur.
4. Zona outlet Tempat menghaluskan aliran transisi, dari zona settling ke aliran effluen, serta mengatur debit effluent.

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain yaitu detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Desain Tipikal Prasedimentasi

<i>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</i>						
<i>Detention time</i>	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	gal/ft ² .d	800-1200	1000	m ³ /m ² .d	30-50	40
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft ² .d	2000-3000	2500	m ³ /m ² .d	80-120	100
<i>Weir loading</i>	gal/ft ² .d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² .d	125-500	250
<i>Primary settling with waste activated-sludge return</i>						
<i>Detention time</i>	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	gal/ft ² .d	600-800	700	m ³ /m ² .d	24-32	28
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft ² .d	1200-1700	1500	m ³ /m ² .d	48-70	60
<i>Weir loading</i>	gal/ft ² .d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² .d	125-500	250

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003. page 398)

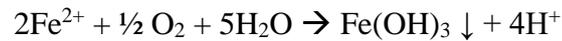
2.3.2 Pengolahan Primer (Primary Treatment)

Proses pengolahan tahap pertama ini merupakan proses fisika dan kimia dimana proses ini bertujuan untuk menghilangkan padatan yang telah tercampur melalui pengapungan dan pengendapan serta menaikkan konsentrasi oksigen terlarut dengan prinsip fisika. Unit yang termasuk ke dalam pengolahan primer ini antara lain.

2.3.2.1 Aerasi

Aerasi adalah proses penting dalam pengolahan air dan limbah yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air. Oksigen adalah komponen esensial dalam mendukung kehidupan akuatik dan proses penguraian bahan organik. Dalam aerasi, udara atau oksigen murni disuntikkan ke dalam air, baik melalui perangkat mekanis seperti aerator atau melalui aliran air yang alami seperti air terjun atau sungai berarus cepat. Proses ini memungkinkan oksigen terlarut dalam air, yang menjadi tersedia bagi organisme air seperti ikan dan mikroorganisme yang terlibat dalam penguraian bahan organik. Aerasi juga meningkatkan proses oksidasi, yang berperan dalam menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan seperti senyawa-senyawa beracun atau bau yang dapat terbentuk dalam air limbah (Mara *et al*; 1987).

Proses aerasi dapat dilakukan melalui berbagai metode, termasuk aerasi mekanis yang menggunakan aerator mekanis untuk menciptakan gelembung udara dalam air, serta aerasi alami yang terjadi secara alami dalam lingkungan seperti sungai atau danau. Aerasi mekanis sering digunakan dalam instalasi pengolahan air limbah untuk mengoksidasi bahan organik, menghilangkan bau, dan memastikan kualitas air yang lebih baik. Sementara itu, aerasi alami adalah fenomena yang terjadi secara alami di alam, di mana air tercampur dengan udara saat mengalir melalui permukaan air terbuka. Kedua jenis aerasi ini memiliki peran yang penting dalam menjaga kualitas air dan mendukung ekosistem akuatik yang sehat. Selain itu aerasi juga meningkatkan produksi oksigen ditandai dengan penurunan parameter organik dan chemical oxygen demand (COD). Berikut reaksi kimia yang terjadi pada besi saat aerasi berlangsung (Izzati Istihara, 2019) :



Jenis-jenis metode aerasi, antara lain :

1. Aerator Air Terjun (*Waterfall aerator*)

Waterfall aerator adalah salah satu jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air dan limbah untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air dengan cara mengalirkan air melalui permukaan yang terbuka atau menimbulkan air terjun (Wang & Chow; 2007). Proses ini memungkinkan air tercampur dengan udara secara alami saat air mengalir melalui tangga air atau permukaan yang bergerak. Waterfall aerator sering digunakan dalam aplikasi pengolahan air limbah dan perbaikan kualitas air, menghasilkan efek oksigenasi yang baik sambil menciptakan pemandangan alam yang indah. Bentuk dari unit waterfall aerator dapat dilihat pada gambar 2.14.



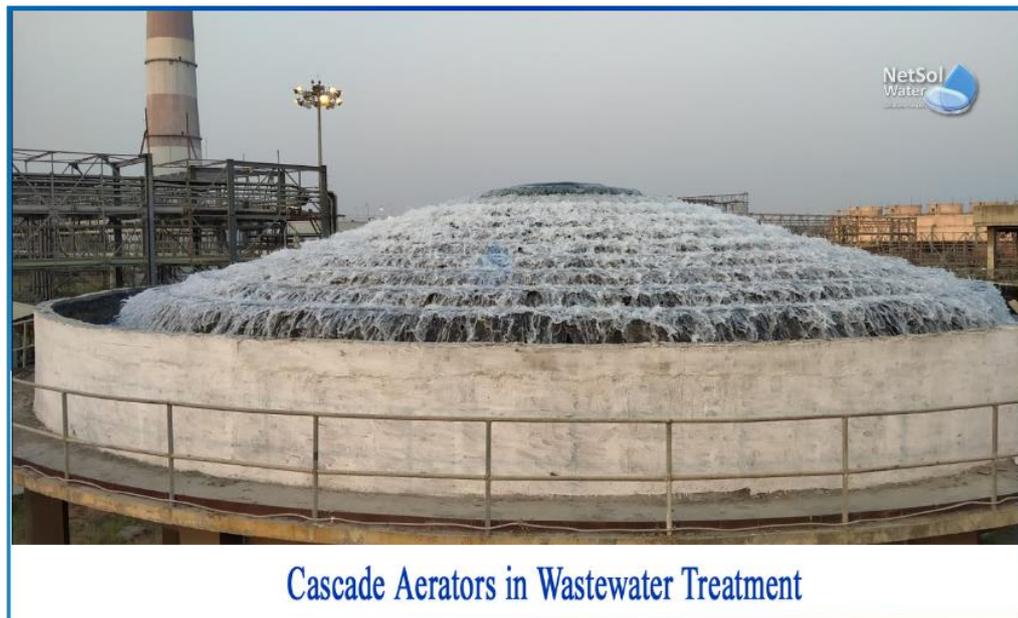
Gambar 2. 14 Waterfall Aerator

Sumber : ([DA-20 Display Aerator 1 hp | Scott Aerator](#))

2. *Cascade Aerator*

Cascade aerator adalah jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air untuk meningkatkan oksigen terlarut dalam air dengan cara mengalirkan air melalui serangkaian tangga air atau kolam berundak (Chen *et al*; 2014). Proses ini

memungkinkan air tercampur dengan udara saat jatuh dari satu kolam ke kolam berikutnya, menciptakan aerasi alami yang efisien. Cascade aerator sering digunakan dalam instalasi pengolahan air dan limbah, serta dalam aplikasi perbaikan kualitas air dan pengolahan air minum. Bentuk dari unit aerator cascade ini dapat dilihat pada Gambar 2.15.

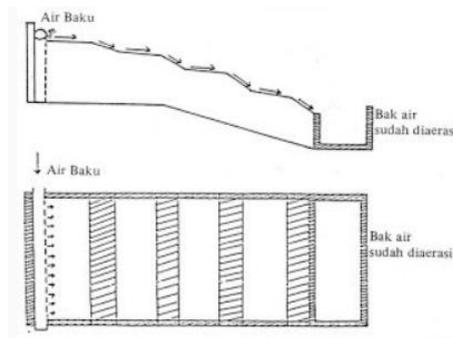


Gambar 2. 15 Cascade Aerator

(Sumber : [How does Cascade Aeration work in Wastewater Treatment \(netsolwater.com\)](https://www.netsolwater.com))

3. *Submerged Cascae Aerator*

Submerged cascade aerator adalah jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air dan limbah untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air dengan mengalirkan air melalui serangkaian kolam atau tangga air yang terendam di dalamnya (Wang *et al*; 2020). Proses ini memungkinkan oksigen dari udara terlarut dalam air saat air mengalir melalui kolam-kolam yang berundak. Submerged cascade aerator sering digunakan dalam aplikasi pengolahan air limbah, pengolahan air minum, dan pengolahan air permukaan untuk meningkatkan oksigenasi air secara efisien. Desain dari submerged cascade aerator dapat dilihat pada Gambar 2.16.

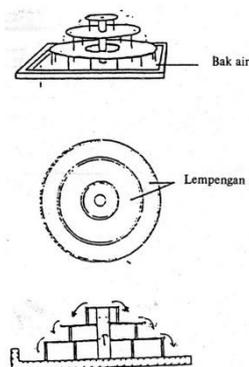


Gambar 2. 16 Submerged Cascade Aerator

(Sumber: [Metode apa saja yang dapat dilakukan untuk melakukan aerasi ? - Perikanan / Akuakultur - Dictio Community](#))

4. *Multiple Platform Aerator*

Multiple platform aerator adalah jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air dan limbah untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air dengan menggunakan beberapa platform atau struktur penampungan udara yang terendam di dalam air. Platform-platform ini dirancang untuk menghasilkan gelembung udara yang mencapai permukaan air, mempromosikan aerasi dalam volume air yang lebih besar (Zhang *et al*; 2016). Multiple platform aerator sering digunakan dalam instalasi pengolahan air limbah, kolam pengolahan, atau waduk untuk meningkatkan oksigenasi air dan mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang bermanfaat. Desain dari unit multiple platform aerator dapat dilihat pada Gambar 2.17.

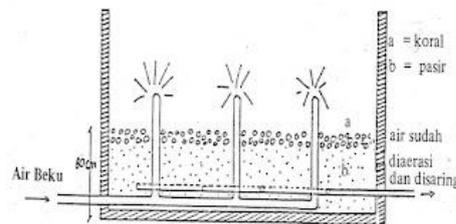


Gambar 2. 17 Multiple Platform Aerator

(Sumber: <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

5. *Spray Aerator*

Spray aerator adalah jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air dan limbah untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air dengan cara menyemprotkan air ke dalam udara atau sebaliknya, menyemprotkan udara ke dalam air dengan tekanan tinggi (Kim & Han; 2018). Proses semprotan ini menciptakan kontak yang efisien antara udara dan air, sehingga oksigen dapat larut dalam air dengan cepat. Spray aerator sering digunakan dalam instalasi pengolahan air limbah, pengolahan air minum, serta dalam aplikasi seperti pengendalian bau dan oksigenasi air dalam kolam budidaya ikan. Desain unit spray aerator dapat dilihat pada Gambar 2.18.

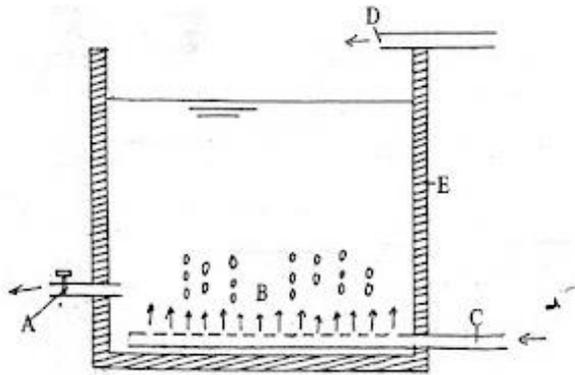


Gambar 2. 18 Spray Aerator

(Sumber: <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

6. *Bubble Aerator*

Bubble aerator adalah jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air dan air limbah untuk menginfuskan udara ke dalam air dalam bentuk gelembung-gelembung kecil. Proses ini membantu meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air dengan menyediakan permukaan kontak yang besar antara udara dan air. Bubble aerator sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air limbah, pengolahan air minum, serta dalam sistem budidaya ikan dan akuakultur untuk meningkatkan kualitas air dan mendukung kehidupan akuatik (Garrido *et al*; 2008). Desain dari unit bubble aerator dapat dilihat pada Gambar 2.19.

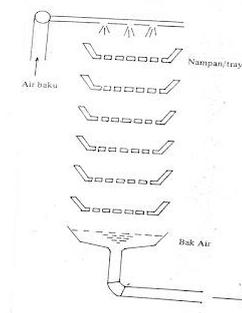


Gambar 2. 19 Buble Aerator

(Sumber: <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

7. *Multiple Tray Aerator*

Multiple tray aerator adalah jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air dan air limbah untuk meningkatkan oksigen terlarut dalam air dengan menggunakan beberapa lapisan atau "tray" yang memungkinkan air mengalir melalui gelembung udara. Setiap tray memiliki permukaan yang berlubang atau berpori, yang memungkinkan udara dihembuskan ke dalam air dan menciptakan efek aerasi. Multiple tray aerator sering digunakan dalam instalasi pengolahan air limbah dan pengolahan air minum untuk meningkatkan oksigenasi air dan memfasilitasi proses penghilangan bahan-bahan terlarut. Desain dari unit multi tray aerator dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2. 20 Multiple Tray Aerator

(Sumber: <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

Menurut Qasim (2000), desain dan karakteristik operasional aerator secara umum dapat digolongkan seperti pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2. 4 Desain dan Karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi: Cascade	20-45% CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tinggi: 1-3 m ○ Luas: 85-105 m²/m². det ○ Kecepatan aliran: 0,3 m/det
Packing tower	>95% VOC >90% CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> ○ Diameter kolom maksimum: 3 m ○ Beban hidrolik: 2000 m³/m². hari ○ Kecepatan aliran: 0,3 m/det
Tray	>90% CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kecepatan: 0,8-1,5 m³/m². menit ○ Kebutuhan udara: 7,5 m³/m³. air ○ Jarak rak (tray): 30-75 cm ○ Luas: 50-160 m²/m³. Det
Spray Aerator	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tinggi: 1-2,9 m ○ Diameter nozzle: 2,5-4 cm ○ Jarak nozzle: 0,6-3,6 m ○ Debit nozzle: 5-10 l/det
Aerator Bedifusi	80% VOC ₈	<ul style="list-style-type: none"> ○ Luas bak: 105-320 m³/m². det ○ Tekanan semprotan: 70 kPa ○ Waktu detensi: 10-30 menit ○ Udara: 0,7-1,1 m³/m². air ○ Tinggi kedalaman: 2,7-4,5 m ○ Lebar: 3-9 m ○ Lebar/kedalaman: <2 volume ○ Maksimum: 150 m³

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator mekanis	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	<ul style="list-style-type: none"> ○ Diameter lubang diffuser: 2-5 mm ○ Waktu detensi: 10-30 menit ○ Kedalaman tangki: 2-4 m
Harga	Rp45.000.000,00	

Sumber : (*Qasim et al; 2000*)

2.3.2.2 Prasedimentasi

Unit prasedimentasi adalah salah satu tahapan awal dalam proses pengolahan air yang bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel besar yang terdapat dalam air mentah. Proses ini dilakukan sebelum air masuk ke tahap koagulasi-flokulasi. Pada unit prasedimentasi, air baku yang mengandung partikel-partikel padat seperti pasir, debu, dan bahan organik kasar melewati suatu tangki atau kolam dengan aliran yang sangat lambat (Metcalf & Eddy; 2003). Karena aliran yang lambat, partikel-partikel tersebut memiliki kesempatan untuk mengendap di dasar tangki atau kolam. Air yang mengalami prasedimentasi kemudian diambil dari bagian atas tanpa mengandung partikel-partikel yang sudah mengendap. Proses ini membantu mengurangi beban partikel padat dalam air, sehingga mempersiapkan air untuk tahap selanjutnya dalam pengolahan.

Unit prasedimentasi biasanya digunakan dalam instalasi pengolahan air minum dan pengolahan air limbah untuk menghilangkan partikel-partikel kasar sebelum melanjutkan ke tahapan koagulasi-flokulasi. Dengan menghilangkan partikel-partikel besar ini, unit prasedimentasi membantu menjaga efisiensi proses selanjutnya dan mencegah terjadinya penyumbatan peralatan atau kerusakan pada tahap berikutnya dalam pengolahan air.

2.3.2.3 Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi-flokulasi adalah dua proses yang terkait erat menjadi satu kesatuan yang tak dapat dipisahkan. Dalam proses koagulasi, koloid dan partikel

dalam air mengalami destabilisasi akibat pengadukan yang cepat dan penambahan bahan kimia yang disebut koagulan. Akibat dari pengadukan yang cepat ini, koloid dan partikel yang semula stabil berubah menjadi tidak stabil karena terpecah menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Proses ini juga menghasilkan pembentukan ion positif dan negatif melalui penguraian koagulan. Selanjutnya, proses ini berlanjut dengan terbentuknya ikatan antara ion positif dari koagulan (seperti Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (seperti OH^-) dan antara ion positif dari partikel (seperti Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (seperti SO_4^{2-}), yang mengakibatkan terbentuknya inti flok atau presipitat. Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan *jar test apparatus* untuk mendapatkan kondisi optimum (Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012).



Gambar 2. 21 Peralatan Jar Test

Jenis-jenis Koagulan :

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi. Terkadang koagulanpembantu, seperti polielektrolit dibutuhkan untuk memproduksi flok yang lebih besar agar padatan tersuspensi lebih cepat mengendap. Faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi air adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, temperatur, pH, komposisi dan konsentrasi kation dan anion, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, dosis koagulan, dan jika diperlukan, koagulan-pembantu. Beberapa jenis koagulan beserta sifatnya dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Jenis Koagulan dalam Proses Pengolahan Air

Nama Kimia	Nama Lain	Rumus Kimia	Berat Molekul	Wujud	Densitas Bulk (kg/m ³)	Specific Gravity	Kelarutan dalam air	Kadar Kimia (%w/w)	Kadar Air (%w/w)	pH Larutan
Aluminium Sulfat	Alum	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14, 3H_2O$	599,77	Putih terang Padat	1000-1096	1,25-1,36	Sekitar 872	Al : 9,0-9,3	-	Sekitar 3,5
	Alum Cair	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 49, 6 H_2O$	1235,71	Putih atau terang abu – abu Kekuningan Cair	-	1,30-1,34	Sangat larut	Al : 4,0-4,5	71,2-74,5	
Ferri Klorida	Besi (III) klorida Besi Triklorida	$FeCl_3$	162,21	Hijau- hitam Bubuk	721-962	-	Sekitar 719	Fe: Kira- kira 34	-	
	Ferri Klorin cair	$FeCl_3 \cdot 6 H_2O$ $FeCl_3 \cdot 13,1 H_2O$	270,30 398,21	Kuning- coklat Bongkahan	962-1026 -	1,20-1,48	Sekitar 814 Sangat larut	Fe: 20,3-21,0 Fe : 12,7-14,5	56,5-62,0	0,1-1,5
Ferri Sulfat	Besi (III) sulfat Besi Persulfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	562,02	Coklat- kemerahan Cair	1122-1154	-	-	Fe : 17,9-18,7	56,5-64,0	
	Ferri sulfat cair	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 36,9H_2O$	1064,64	Merah- Coklat Bubuk	-	1,40-1,57	Sangat larut	Fe : 10,1-12,0		0,1-1,5

Nama Kimia	Nama Lain	Rumus Kimia	Berat Molekul	Wujud	Densitas Bulk (kg/m ³)	<i>Specific Gravity</i>	Kelarutan dalam air	Kadar Kimia (%w/w)	Kadar Air (%w/w)	pH Larutan
Ferro Sulfat	<i>Copperas</i>	FeSO ₄ .7 H ₂ O	278,02	Hijau Bongkahan Kristal	1010-1058	-	-	Fe: Sekitar 20	-	

Sumber : (*Qasim*, 1985)

Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012).

Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

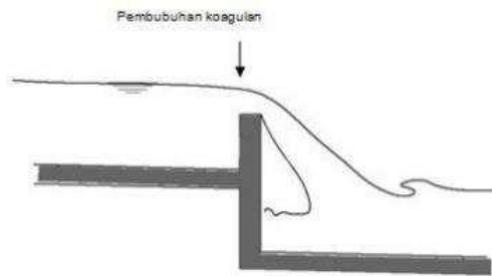
1. Pengadukan mekanis

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu G dan td .

2. Pengadukan hidrolis

Pengadukan hidrolis merujuk pada penggunaan aliran air sebagai sumber tenaga pengadukan. Energi pengadukan ini berasal dari energi hidrolik yang timbul dari pergerakan air dalam suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik ini dapat terdiri dari energi gesekan, energi potensial yang berasal dari perubahan ketinggian, atau bahkan energi yang timbul saat air melompat dalam aliran tertentu. Dalam konteks

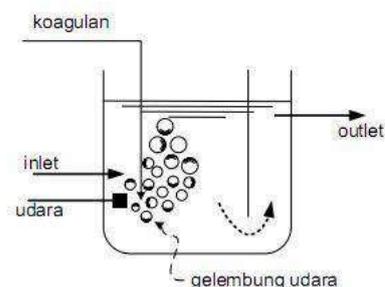
pengadukan cepat, penting untuk menggunakan aliran air yang memiliki energi hidrolik yang cukup besar. Hal ini dapat dilihat dari tingkat kehilangan energi (headloss) atau perbedaan ketinggian air.



Gambar 2. 22 Pengadukan Cepat dengan Terjunan

3. Pengadukan Pneumatis

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan. Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan gerakan pada air (Gambar 2.16). Injeksi udara bertekanan ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, akibat lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan menggerakkan air. Makin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang makin besar pula.



Gambar 2. 23 Pengadukan Cepat Secara Pneumatis

Sumber: Masduqi & Assomadi (2012)

Rumus Perhitungan :

Pengadukan cepat dalam proses pengolahan air bertujuan untuk menciptakan gerakan turbulen dalam air dengan maksud untuk mengedarkan bahan kimia yang akan larut dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah jenis pengadukan yang terjadi pada gradien kecepatan tinggi, dengan nilai berkisar antara 300 hingga 1000 detik⁻¹, selama periode waktu sekitar 5 hingga 60 detik, atau dengan nilai GTd (bilangan Champ) yang berkisar antara 300 hingga 1700. Secara spesifik, nilai G dan td bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat (Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012).

1. Untuk proses koagulasi-flokulasi :

- Waktu detensi = 20 - 60 detik
- G = 1000 - 700 detik⁻¹

2. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda) :

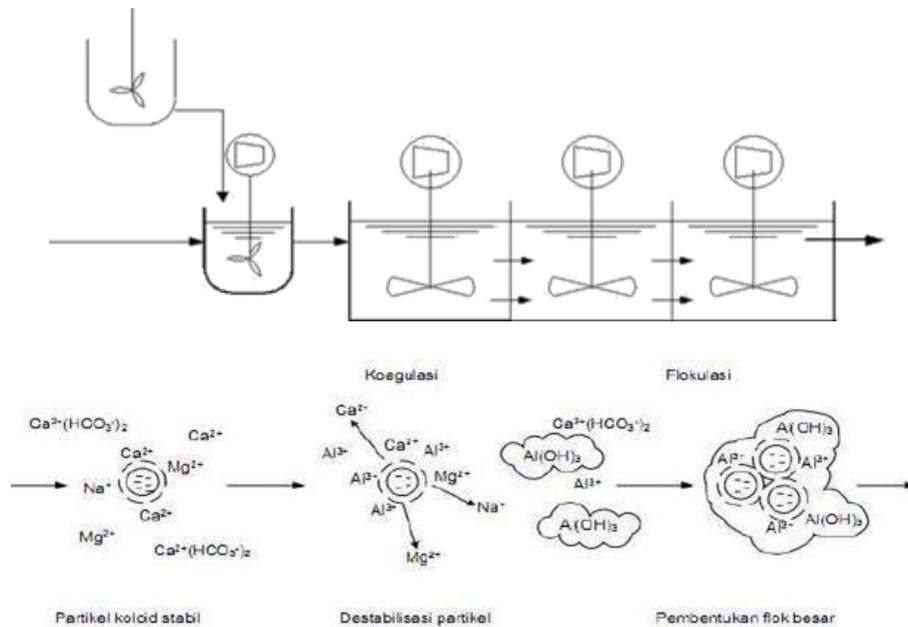
- Waktu detensi = 20 - 60 detik
- G = 1000 - 700 detik⁻¹

3. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain):

- Waktu detensi = 0,5 - 6 menit
- G = 1000 - 700 detik⁻¹

Flokulasi

Flokulasi adalah proses dalam pengolahan air dan air limbah yang bertujuan untuk membentuk flok atau gumpalan-gumpalan besar dari partikel-partikel kecil yang terdispersi dalam air. Proses ini melibatkan penambahan bahan kimia flokulan ke dalam air yang mengandung partikel-partikel terlarut atau tersuspensi. Bahan kimia flokulan ini membantu partikel-partikel tersebut untuk saling berikatan dan membentuk flok yang lebih besar. Flok-flok ini kemudian lebih mudah dipisahkan dari air melalui proses sedimentasi atau filtrasi, sehingga dapat meningkatkan kualitas air dengan menghilangkan kontaminan-kontaminan seperti lumpur, bakteri, atau zat-zat organik yang terlarut. Proses koagulasi-flokulasi dapat digambarkan secara skematik pada Gambar 2.24.



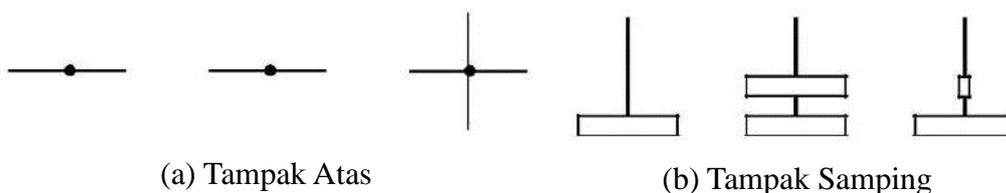
Gambar 2. 24 Gambaran Proses Koagulasi-Flokulasi

(Sumber: *Ali Masduqi & Assomadi; 2012*)

Proses flokulasi memiliki beberapa jenis yang dibedakan dari metode pengadukan yang dilakukan. Jenis-jenis flokulasi antara lain:

1. Pengadukan mekanis

Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam impeller, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (balung-baling). Bentuk ketiga impeller tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 25 Tipe Paddle

Sumber : (*Qasim; 1985*)



Gambar 2. 26 Tipe Turbine

Sumber : (*Qasim; 1985*)



Gambar 2. 27 Tipe Propeller

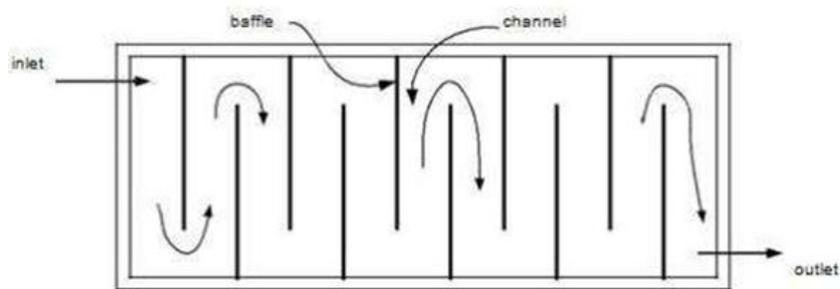
Sumber : (*Qasim; 1985*)

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan G di kompartemen I lebih besar daripada G di kompartemen II dan G di kompartemen III adalah yang paling kecil. Pengadukan mekanis yang umum digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi hingga membentuk roda (paddle wheel), baik dengan posisi horizontal maupun vertikal.

2. Pengadukan hidrolis

Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolis yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolis. Energi hidrolis dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolis dalam suatu aliran. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolis yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolis, dan parshall flume.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat (*baffled channel*, Gambar 2.28), *perforated wall*, *gravel bed*, dan sebagainya (Masduqi dan Assomadi, 2012).



Gambar 2. 28 Baffle Channel

Rumus Perhitungan :

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan yang rendah, biasanya antara 20 hingga 100 detik⁻¹, selama periode waktu sekitar 10 hingga 60 menit atau dengan nilai GTd (bilangan Champ) berkisar antara 48.000 hingga 210.000. Untuk mencapai pembentukan flok yang optimal, gradien kecepatan diperlahan secara bertahap sehingga flok-flok yang sudah terbentuk tidak rusak dan dapat bergabung dengan flok lainnya, membentuk gumpalan yang lebih besar. Secara spesifik, nilai G (gradien kecepatan) dan waktu detensi dalam proses flokulasi dapat ditentukan seperti yang dijelaskan oleh Masduqi dan Assomadi (2012).

1. Untuk air sungai

- $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$

2. Untuk air waduk

- Waktu = 30 menit

- $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
3. Untuk air keruh
 - Waktu dan G lebih rendah
 4. Bila menggunakan gram besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
 5. Untuk flokulator 3 kompartemen
 - G kompartemen 1 : nilai terbesar
 - G kompartemen 2 : 40 % dari G kompartemen 1
 - G kompartemen 3 : nilai terkecil
 6. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur dan soda)
 - Waktu detensi = minimum 30 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
 7. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15 - 30 menit
 - $G = 20 - 75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GTd = 10.000 - 100.000$

2.3.2.4 Sedimentasi

Bak sedimentasi adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan (sedimentasi) partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi-flokulasi (Masduqi dan Assomadi, 2012). Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari *suspended solid* tanpa bantuan bahan kimia, 80-90% penyisihan TSS dengan bantuan bahan kimia dan 25-40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh: 1). Aliran angin, 2). Suhu udara permukaan, 3). Dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air, 4). Suhu terstratifikasi dari iklim, dan 5). Bilangan *eddy*.

Rumus Perhitungan :

1. Luas Permukaan (A)

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

Keterangan :

Q = debit air limbah (m³/hari)

OR = Overflow rate/hari (m³/m².hari)

2. Kecepatan Pengendapan (V_p dan d_p)

$$V_p = \frac{(sg_p - 1)d_p^2}{18 \nu}$$

$$d_p = \sqrt{\frac{s \times 18 \times \nu}{g (sg - 1)}}$$

3. Bilangan Reynold (NRe)

$$NRe = \frac{\rho s \times d_p \times v_s}{\mu} = \frac{V_s d}{\nu} = \frac{V_s d_p}{\mu}$$

Keterangan

r = viskositas kinematic

μ = viskositas dinamik

ρ = massa jenis

4. *Flowrate* Sedimentasi (Vh)

$$Vh = \frac{Q}{\pi \times D \times H}$$

Keterangan :

Q = debit air yang masuk/hari

D = diameter bak pengendap

H = ketinggian bak pengendap

5. Kecepatan Pengndapan (V_s)

$$V_s = \frac{H}{td}$$

Keterangan :

H = kedalaman (m)

td = waktu tinggal/detensi (detik)

Kriteria - kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah: *surface loading rate* (beban permukaan), kedalaman bak, dan waktu tinggal. Nilai waktu tinggal merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan kecepatan seragam yang sama dengan aliran rata-rata per hari (Metcalf & Eddy, 2003). Adapun kriteria perencanaan untuk bangunan bakpengendap awal terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 5 Kriteria Perencanaan Bangunan Bak Pengendap Awal

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1.	Kedalaman air Minimal	H	3 – 4,9	m	Metcalf & Eddy 4 th Edition, 2003 Hal 398
2.	Diameter	D	3 – 60	m	
3.	Slope Dasar	Slope	1/16 – 1/6	mm/m diameter	
4.	<i>Flight Speed</i>	-	0,02 – 0,05	m/menit	
5.	Waktu Tinggal	Td	3-5	jam	
6.	<i>Overflow Rate</i> Rata-rata Puncak	-	30-50 80-120	m ³ /m ² .hari	
7.	<i>Weir Loading</i>	-	125-500	m ³ /m ² .hari	
8.	Diameter <i>inlet well</i>	D	15-20	% (Diameter Bak)	Metcalf & Eddy 4 th Edition, 2003
9.	Kecepatan Aliran Menuju <i>inlet well</i>	V	0,3-0,75	m/s	Hal 401

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
10.	Konsentrasi Solid	-	4-12	%	Metcalf & Eddy 4 th Edition, 2003 Hal 398
11.	Suhu	T	30	°C	Metcalf & Eddy 4 th Edition, 2003 Hal 1742
12.	Viskositas Kinematis	ν	$0,8 \times 10^6$	m^2/s	
13.	Viskositas Absolut	μ	$0,798 \times 10^{-3}$	m^2/s	
14.	Massa Jenis Air (T=30°C)	ρ_{air}	0,99568	g/cm^3	

(Sumber: Metcalf & Eddy 4th Edition, 2003)

2.3.3 Pengolahan Sekunder (Secondary Treatment)

2.3.3.1 Filtrasi

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

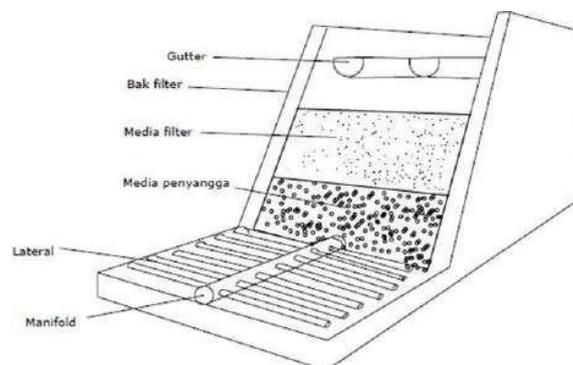
Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri.

Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah:

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

3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas 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 prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada gambar ini dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2. 29 Bagian-bagian Filter

(Sumber: Reynold dan Richards, 1996)

Jenis-jenis Filtrasi :

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya. Menurut Al-Layla (1978), pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi

nya berkisar antara 4-5 m³/m².hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m³/m².hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,450,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari head loss filter saat itu.

Keuntungan menggunakan *rapid sand filters* adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Sedangkan kekurangan dari *rapid sand filters* adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak. Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrazit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan.

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 P₁₀ (persentil 10). P₁₀ yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata – rata dan standar deviasi nya. *Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (*size*).

Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah:

Singel media pasir:

$$UC = 1,3 - 1,7$$

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

Untuk dual media:

$$UC = 1,4 - 1,9$$

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

1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. 6 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11
2	Pencucian:		
	Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau	Tanpa/dengan blower & atau
	Kecepatan (m/jam)	<i>surface wash</i>	<i>surface wash</i>
	Lama pencucian (menit)	36 – 50	36 – 50
	Periode antara dua pencucian (jam)	10 – 15 18 – 24	10 – 15 18 – 24
	Ekspansi (%)	30 – 50	30 – 50

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
3	Dasar filter		
	Lapisan penyangga dari atas ke bawah	80 – 100 2 – 5	80 – 100 2 – 5
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 100 5 – 10	80 – 100 5 – 10
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 100	80 – 100
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 150	80 – 150
	Filter Nozzle	15 – 30	15 – 30
	Lebar slot nozzle (mm)	< 0,5	< 0,5
	Prosentase luas slot nozzle terhadap luas filter (%)	> 4%	> 4%

(Sumber : SNI 6774-2008)

2. Filter Pasir Lambat

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

Tabel 2. 7 Kriteria Perencanaan Pasir Lambat

Kriteria	Nilai / Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m ²

Kriteria	Nilai / Keterangan
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	<i>Effective size</i> 0,25-0,3 mm, <i>uniformity coefficient</i> 2-3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasardan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run	20 – 60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

(Sumber : SNI 6774-2008)

3. Filter Bertekanan

Filter bertekanan (*pressure filter*) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter gravitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki. Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media

penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 8 Kriteria Perencanaan Filter Bertekanan

No	Unit	Nilai / Keterangan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 – 33
2	Pencucian:	
	Sistem pencucian	Tanpa atau dengan
		<i>blower & atau surface wash</i>
	Kecepatan (m/jam)	72 – 198
	Lama pencucian (menit)	-
	Periode antara dua pencucian (jam)	-
	Ekspansi (%)	30 – 50
3	Media pasir	
	Tebal (mm)	300 – 700
	Single media	600 – 700
	Media ganda	300 – 600
	Ukuran efektif, ES (mm)	-
	Koefisien keseragaman, UC	1,2 – 1,4
	Berat jenis (kg/L)	2,5 – 2,65
	Porositas	0,4
	Kadar SiO ₂	> 95%
4	Media antrasit	
	Tebal (mm)	400 - 500
	ES (mm)	1,2 – 1,8
	UC	1,5
	Berat jenis (kg/L)	1,35
	Porositas	0,5
5	Dasar filter	
	Filter Nozel	
	Lebar slot nozzle (mm)	< 0,5
	Prosentase luas slot nozzle terhadap luas filter (%)	> 4%

(Sumber : SNI 6774-2008)

4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter.

Tersumbatnya media filter ditandai oleh:

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (*head loss*) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter
- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (*upflow*) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit.

Rumus – rumus Perhitungan Filtrasi :

A. Bak Filtrasi

1. Debit saluran pembawa (Q_s)

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

2. Luas permukaan (A)

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

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

$$A = W \times L$$

$$L = 2 \times W$$

B. Kehilangan Tekanan Media Filtrasi

Antrasit, pasir, dan garnet

1. Nilai bilangan Reynold (N_{re})

$$N_{re} = \frac{\text{shape factor } (\phi) \times \text{massa jenis } (\rho) \times \text{diameter } (d) \times \text{kec. filtrasi } (V_a)}{\text{viskositas dinamik } (\mu)}$$

2. Koefisien drag (C_d)

$$C_d = \frac{24}{N_{re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{re}}} + 0,34$$

3. Kehilangan tekanan (H1)

$$H1 = \frac{1.067}{\phi} + \frac{d}{g} + \frac{Va^2}{e^4} + \frac{Cd}{d}$$

C. Backwash

Antrasit, Pasir, dan Garuet

1. Nilai bilangan Reynold (Nre)

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

2. Koefisien drag (Cd)

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

3. kecepatan pengendapan partikel (Vs)

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

4. Kecepatan backwash

$$Vb = Vs \times \varepsilon^{4.5}$$

5. Debit backwash

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

6. kehilangan tekanan awal backwash (HL)

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

7. Tinggi ekspansi media (Le)

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

D. Sistem Manifold

- 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

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

4. Panjang pipa manifold

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

- 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 kisi

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

6. Cek debit lateral

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

7. Panjang pipa lateral

$$LT = \frac{\text{lebar bar} - Dm \times (2 \times DL)}{2}$$

- Orifice

1. Luas lubang orifice

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

2. Jumlah lubang orifice tiap bak filtrasi

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

3. Jumlah orifice tiap pipa lateral

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

2.3.4 Pengolahan Tersier (Tertiary Treatment)

2.3.4.1 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode desinfeksi 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 desinfeksi 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. Mematikan nitrit menjadi nitrat
4. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa 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. Temperature air

5. pH
6. Adanya senyawa lain dalam air

Jenis-jenis Desinfeksi :

A. Desinfeksi dengan Ozon

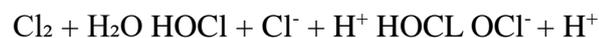
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O₃ (ozon).

B. Desinfeksi dengan UV

Dapat terjadi dengan interaksi langsung menggunakan sinar UV dan tidak langsung menggunakan zat pengoksidasi. Biasanya sinar UV yang digunakan mampu mematikan semua mikroorganisme. Daerah yang berperan dalam efek germicidal adalah UV-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm.

C. Desinfeksi dengan Pembubuhan Kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan dalam air kemudian diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu:



D. 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/m³ air, tergantung pada turbiditas air. 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 dida- hului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007). Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl₂) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontaksetelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

Rumus Perhitungan :

A. Kebutuhan Klor

1. Kebutuhan klor

$$\text{Kebutuhan Klor} = \text{dosis klor} \times \text{debit air baku (Q)}$$

2. Kebutuhan kaporit

$$\text{Kebutuhan Kaporit} = \frac{100\%}{60\%} \times \text{kebutuhan klor}$$

3. Debit kaporit

$$Q \text{ kaporit} = \frac{\text{kebutuhan kaporit}}{\text{densitas}}$$

4. Debit air

$$Q \text{ air} = \frac{100\% - 5\%}{5\%} \times Q \text{ kaporit}$$

5. Debit larutan

$$Q \text{ larutan} = Q \text{ kaporit} + Q \text{ air}$$

6. Volume Bak

$$\text{Volume bak} = Q \text{ larutan} \times \text{periode pelarutan}$$

7. Dimensi

$$H \text{ total} = H \text{ air} + (Fb \times H \text{ air})$$

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times h$$

Keterangan :

Fb = freeboard

D = diameter bak

h = tinggi bak

B. Pengadukan

1. Power

$$P = G^2 \times \mu \times \text{volume bak}$$

Keterangan :

G = gradient kecepatan

μ = viskositas absolut

2. Diameter paddle

$$Di = \left[\frac{p \times g}{KT \times n^3 \times p} \right]^{\frac{1}{5}}$$

3. Cek Nre

$$Nre = \frac{Di^2 \times n \times p}{\mu}$$

Keterangan :

Di = diameter impeller

n = kecepatan putaran propeller

p = massa jenis klor

μ = viskositas absolut

4. Tinggi impeller dari dasar

$$\text{Tinggi impeller} = 1 \times Di$$

Keterangan :

Di = diameter impeller

5. Debit penetasan

$$Q \text{ penetasan} = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}}$$

6. Diameter pipa injeksi

$$D \text{ pipa injeksi} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Keterangan :

Q = debit air

v = kecepatan aliran pipa

7. Cek kecepatan

$$V_{cek} = \frac{Q}{A}$$

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

Keterangan :

Q = debit air

D = diameter pipa

8. Dosing Pump

$$Dosing\ pump = \frac{debit\ kaporit\ x\ p}{60}$$

2.3.5 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

2.3.5.1 Belt Filter Press

Belt filter press adalah mesin industri yang digunakan untuk memisahkan padatan dan cairan, khususnya untuk mengeringkan lumpur di industri kimia, pertambangan, dan pengolahan air. Belt filter press dapat digunakan untuk lumpur primer, lumpur aktif, dan reaktor batch berurutan. Cara kerja belt filter press adalah dengan menekan lumpur untuk memaksa air keluar melalui media yang berpori. Proses ini menghasilkan kue (produk yang dikeringkan) dengan kandungan padatan kering (DS) 30% atau lebih. Belt filter press biasanya terdiri dari 2-3 sabuk yang berputar, dengan dua sabuk yang bergabung di titik tertentu untuk memampatkan lumpur dan memeras airnya. Lumpur yang sudah dikondisikan terlebih dahulu dialirkan di sepanjang bagian drainase gravitasi dari salah satu sabuk berpori, seperti pada pengental sabuk gravitasi. Kemudian, lumpur dikenai tekanan saat melewati antara dua sabuk yang berputar, membentuk zona baji di bagian masuk, yang berjalan di atas rol. Tindakan pemerasan dari dua sabuk di zona tekanan ini melepaskan lebih banyak air.

Beberapa jenis belt filter press memiliki zona tekanan kedua yang terdiri dari serangkaian rol yang dilewati oleh dua sabuk dengan padatan lumpur yang

tertahan di antaranya. Rol-rol di zona tekanan tinggi ini memberikan tegangan (yaitu peregangan) pada sabuk, memberikan gaya geser dan tekan pada lumpur yang lebih lanjut melepaskan lebih banyak air² Beberapa teknologi belt filter press berdasarkan pada sistem tiga sabuk, di mana sabuk gravitasi independen dari dua sabuk penekan. Hal ini memungkinkan laju sirkulasi untuk operasi pengentalan dapat disesuaikan secara terpisah dari operasi pengeringan. Seperti halnya pengental sabuk gravitasi, sabuk-sabuk tersebut dikenai pembersihan dengan semprotan air untuk mencegah penyumbatan pori-pori sabuk filter.



Gambar 2. 28 *Belt Filter Press*

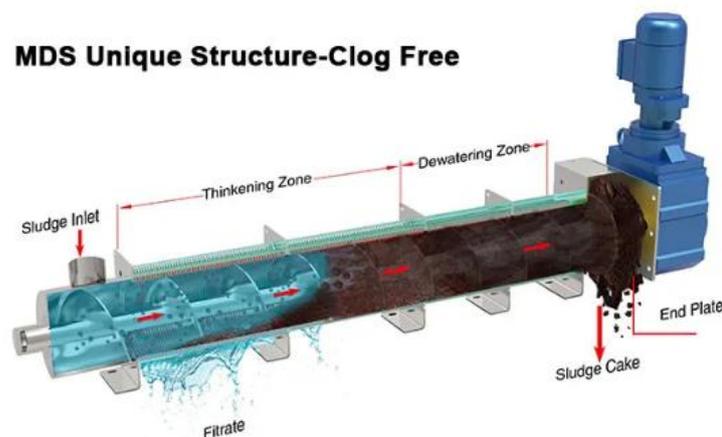
(Sumber: https://www.alibaba.com/product-detail/Belt-Filter-Press-Machine-Rotary-Drum_60790009783.html?s=p)

2.3.5.2 Screw Press

Screw press adalah mesin yang digunakan untuk memisahkan padatan dan cairan dengan cara menekan bahan padat dengan sekrup. Mesin ini memiliki struktur sekrup yang berputar untuk memberikan tekanan mekanis pada material, sehingga menghasilkan pemisahan antara fase padat dan fase cair. Screw press bekerja berdasarkan konsep tekanan mekanis yang dihasilkan oleh sekrup yang berputar. Material yang akan diproses dimasukkan ke dalam ruang pemeras, dan sekrup berputar untuk menggerakkan material melalui saluran spiral atau lubang yang berkurang diameter. Akibat tekanan dan pemampatan yang diberikan oleh

sekrup, cairan dari material terlepas, dan padatan yang telah diperas keluar dari mesin. Proses ini memungkinkan pemisahan yang efisien antara padatan dan cairan.

Salah satu aplikasi utama screw press adalah dalam pengelolaan limbah cair. Mesin ini digunakan untuk menghilangkan kelebihan air dari lumpur atau endapan limbah, menghasilkan residu yang lebih kering dan memudahkan proses pengelolaan limbah. Dalam industri minyak, screw press juga diterapkan untuk mengekstrak minyak dari biji-bijian atau tanaman, menjadi langkah awal dalam produksi biodiesel. Selain itu, screw press digunakan dalam pengolahan air limbah industri, membantu memisahkan padatan dari air limbah sebelum diproses lebih lanjut. Keunggulan utama dari screw press adalah efisiensi pemisahan yang tinggi, kemudahan penggunaan, dan kemampuan untuk dioperasikan secara kontinu, memungkinkan pengolahan material dalam jumlah besar secara efisien.



Gambar 2. 29 *Screw Press*

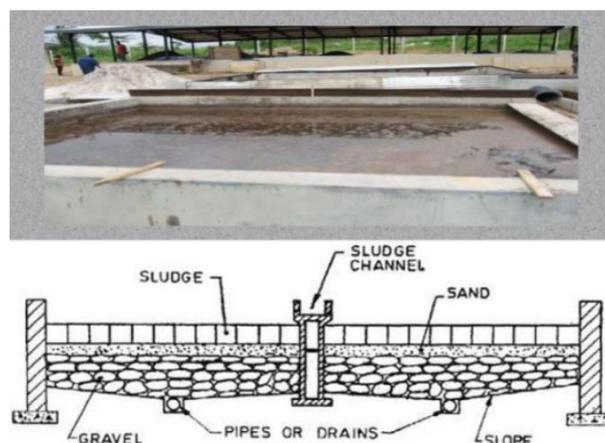
(Sumber: [Screw Dewatering Press For Sludge Treatment - Buy Sludge Treatment, Fully Automatic, Industrial Waste Product on Alibaba.com](https://www.alibaba.com/product-detail/Screw-Dewatering-Press-For-Sludge-Treatment-Fully-Automatic-Industrial-Waste-Product_1601488888888.html))

2.3.5.3 Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed, atau yang dikenal juga sebagai Tempat Pengeringan Lumpur, merupakan suatu sistem pengeringan lumpur atau endapan lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah atau pengolahan air minum. Tujuan dari penggunaan Sludge Drying Bed adalah untuk mengurangi kadar air dalam lumpur sehingga volumenya berkurang dan dapat lebih mudah diolah atau dibuang.

Proses pengeringan lumpur ini merupakan langkah penting dalam manajemen lumpur, terutama di instalasi pengolahan air limbah. Prinsip kerja dari Sludge Drying Bed adalah dengan mengekspos lumpur pada permukaan yang luas dan memanfaatkan kondisi alam, terutama sinar matahari dan angin, untuk menguapkan air dari lumpur tersebut. Secara umum, Sludge Drying Bed memiliki struktur yang terdiri dari kolam terbuka atau tempat tidur berbentuk cetakan yang dilapisi dengan material yang permeabel, seperti pasir atau krikil. Lumpur atau endapan lumpur ditempatkan di atas permukaan tempat tidur ini dan dibiarkan mengering secara alami.

Kelebihan dari Sludge Drying Bed termasuk biaya operasional yang rendah, karena mengandalkan energi alam seperti sinar matahari dan angin. Selain itu, sistem ini relatif sederhana dan dapat dioperasikan dengan mudah. Namun, ada juga beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan pada kondisi cuaca dan waktu yang dibutuhkan yang cukup lama untuk mencapai tingkat pengeringan yang diinginkan. Penerapan Sludge Drying Bed umumnya terlihat di instalasi pengolahan air limbah komunal, pabrik-pabrik pengolahan industri, atau di tempat-tempat di mana metode pengeringan alami dapat diakomodasi. Metode ini memiliki peran penting dalam mengelola lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah, membantu dalam mengurangi volume lumpur dan menghasilkan material yang lebih mudah untuk diproses atau dibuang.



Gambar 2. 30 *Sludge Drying Bed*

(Sumber: <https://wastewater101.net/2018/10/study-time-treatment-plant-discussion-solids-handling-10/sludge-drying-beds-5-638/>)

2.3.6 Reservoir

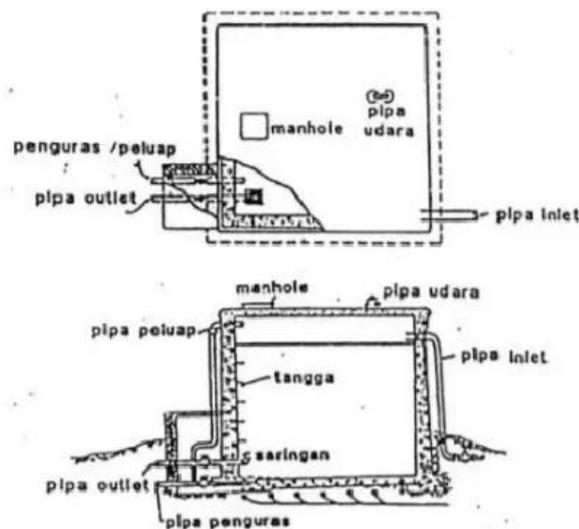
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya Reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan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

Jenis-jenis Reservoir :

Apabila ditinjau dari tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka reservoir dibagi menjadi 2, yaitu :

A. Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

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



Gambar 2. 31 Reservoir Permukaan

(Sumber: <https://www.scribd.com/document/429565631/Sop-Reservoir>)

B. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

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



Gambar 2. 32 Reservoir Menara

(Sumber: <https://tirtanadi.co.id/visi-dan-misi-perusahaan/>)

Apabila ditinjau dari bahan konstruksinya, maka reservoir dibagi menjadi 4, yaitu:

A. 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. 33 Reservoir Tangki Baja

(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/QDHY-Glass-fused-to-steel-water-1600460749134.html>)

B. 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.

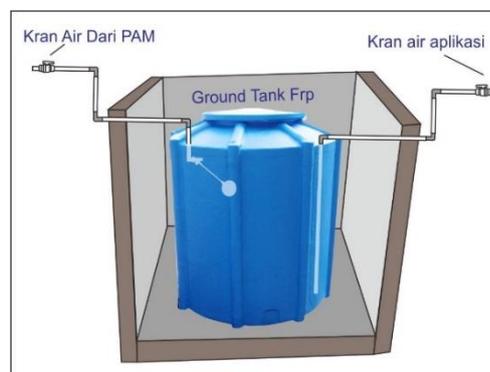


Gambar 2. 34 Reservoir Beton Cor

(Sumber: <https://readymix.co.id/aplikasi-dan-fungsi-ground-tank-beton-berikut-pemeliharaan/>)

C. 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. 35 Reservoir Fiberglass

(Sumber: <http://www.garudajaya.com/product/tangki-fiberglass-untuk-cairan-kimia/>)

2.3.7 Persen Removal

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

Tabel 2. 9 Unit Pengolahan Berdasarkan Parameter

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
1	Kekeruhan	<ul style="list-style-type: none"> • Prasedimentasi • Sedimentasi • Filtrasi (rapid sand filter) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reynolds/Richards 2nd, Unit Opereations and Processess in Environmental Enggineering, page 130 • Doste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. hal 24 • Reynolds/Richards 2nd, Unit Opereactions and Processess in Environmental Engineering. page 316
2	TSS	<ul style="list-style-type: none"> • Prasedimentasi • Sedimentas • Filtrasi (rapid sand filter) 	<ul style="list-style-type: none"> • Syed R. Qasim 1985, WWTP Planning Design and Operation. Page 52 • Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th. Hal 497 • Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224
3	TDS	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentas • Filtrasi (rapid sand filter) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reynolds/Richards 2nd, Unit Opereations and Processess in Environmental Enggineering, Page 233 • Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
4	BOD	<ul style="list-style-type: none"> • Prasedimentasi • Sedimentasi • Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Syed R. Qasim 1985, WWTP Planning Design and Operation. Page 263 • Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th. Hal 497
5	Fe	<ul style="list-style-type: none"> • Aerasi • Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224 • Reynolds/Richards 2nd, Unit Opereactions and Processess in Environmental Engineering. Page 316
6	Mn	<ul style="list-style-type: none"> • Aerasi • Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224 • Ali Masduqi. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal 171
7	Amonia	<ul style="list-style-type: none"> • Aerasi • Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ririn Arifah. Amonia Stripping 2016 • Metcalf and Eddy Hal 196; Fair and Geyer, 1954
8	Fecal Coliform	Desinfeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9. Hal 224
9	Total Coliform	Desinfeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9. Hal 224
10	pH	Netralisasi	<ul style="list-style-type: none"> • Reynolds/Richards 2nd, Unit Opereactions and Processess in Environmental Engineering. Page 130

2.3.8 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masingmasing 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 IPAM 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
Bila 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 perhitungan 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.