

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah Rumah Potong Hewan

Secara umum limbah merupakan hasil buangan yang berasal dari aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang mengandung bahan-bahan yang membahayakan dalam kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian hidup. Perlu adanya penanganan untuk mengurangi limbah tersebut, apabila tidak dilakukan pengolahan limbah terlebih dahulu akan berbahaya dan berdampak langsung terhadap lingkungan.

Oleh karena itu, penting untuk mengetahui karakteristik air limbah untuk menentukan unit pengolahan air limbah yang tepat sebelum dibuang ke badan air. Berikut karakteristik limbah industri rumah potong hewan (RPH) antara lain :

2.1.1 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter kualitas yang penting untuk menilai kondisi air baku maupun air limbah, karena menentukan sifat asam atau basa suatu perairan (Ramadania et al., 2021). Rentang pH yang sesuai untuk mendukung kehidupan biologis tergolong sempit dan kritis, yaitu antara 6 hingga 9. Nilai pH ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kadar oksigen terlarut, aktivitas organisme, dan peningkatan suhu air. Selama proses penguraian limbah oleh mikroorganisme, oksigen akan dikonsumsi dan karbon dioksida dilepaskan. Peningkatan konsentrasi karbon dioksida dalam air menyebabkan pH menurun, sehingga air menjadi lebih asam (Pandiangan et al., 2023).

Berdasarkan Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Potong Hewan kandungan pH yang diperbolehkan adalah 6 - 9. Sedangkan industri Rumah Potong Hewan memiliki kandungan masih dalam jangkauan baku mutu yaitu sebesar 6,42.

2.1.2 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak sebenarnya mirip, minyak dan lemak merupakan bahan (ester) dari alkohol atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Gliseride asam

lemak yang cair dan temperaturnya normal merupakan minyak, sedangkan yang padat merupakan lemak. Jika minyak tidak dihilangkan sebelum air limbah diolah, dapat mengganggu kehidupan biologis di permukaan perairan permukaan dan membuat lapisan tembus cahaya.

Minyak dan lemak pada umumnya hadir pada limbah industri dalam bentuk minyak secara umum (mengapung di atas air), minyak dalam bentuk emulsi, dan minyak yang tercampur dengan padatan tertentu. Untuk minyak secara umum dapat dipisahkan secara gravitasi, hal itu disebabkan karena specific gravity (sg) minyak berada pada nilai yang lebih kecil dari 1. (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008). Minyak yang teremulsi merupakan campuran minyak yang bersifat stabil, yang tidak dapat secara cepat dipisahkan dengan proses gravitasi tanpa penambahan bahan kimia tertentu (bahan kimia demulsifikasi). Minyak yang teremulsi dapat berbentuk fisika maupun kimiawi. Emulsi fisika merupakan campuran dari air dan minyak pekat atau bahan lain yang berminyak yang pada umumnya tidak terlarut dalam air, mereka juga biasanya terbentuk secara mekanik (melalui proses pemompaan sentrifugal secara cepat). Emulsi fisika juga pada umumnya tidak terlalu stabil (lebih mudah dipisahkan) dibandingkan dengan emulsi secara kimia yang hanya dapat dipisahkan dengan pemanasan atau dengan pembubuhan koagulan (seperti aluminium sulfat ($\text{Al}(\text{SO}_4)_2$) (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008).

Berdasarkan Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Pematangan Hewan kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan adalah 15 mg/L. Sedangkan industri Rumah Pematangan Hewan memiliki kandungan melebihi batas baku mutu yaitu sebesar 85 mg/L.

2.1.3 Total Suspended Solid (TSS)

Zat padat tersuspensi atau *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan kumpulan partikel padat yang tidak larut dan melayang dalam air. Partikel-partikel ini dapat berasal dari berbagai sumber, baik alami maupun buatan, dan mencakup material seperti pasir, lumpur, serta tanah liat. Selain itu, TSS juga mencakup

komponen biotik, yaitu organisme hidup seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, dan fungi. Tidak hanya itu, zat padat tersuspensi juga dapat terdiri atas komponen abiotik seperti detritus dan partikel-partikel anorganik lainnya. Kandungan TSS yang tinggi dalam suatu perairan dapat mempengaruhi kualitas air, terutama dalam hal kejernihan dan kehidupan organisme akuatik yang bergantung pada cahaya dan kadar oksigen terlarut (Tarigan & Edward, 2023).

Berdasarkan Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Pemotongan Hewan kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan adalah 100 mg/L. Sedangkan industri Rumah Pemotongan Hewan memiliki kandungan melebihi batas baku mutu yaitu sebesar 2100 mg/L.

2.1.4 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (biological oxidation) secara dekomposisi aerobik. BOD adalah oksigen yang dibutuhkan untuk bakteri aerobik dan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. Tingginya kadar BOD menunjukkan air limbah yang sangat tercemar dan berbahaya. Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan salah satu empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD menunjukkan besarnya kebutuhan oksigen terlarut oleh bakteri untuk mengoksidasi senyawa organik, baik yang terlarut maupun sebagian yang tersuspensi di dalam air (Royani et al., 2021).

Berdasarkan Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Pemotongan Hewan kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan adalah 100 mg/L. Sedangkan industri Rumah Pemotongan Hewan memiliki kandungan melebihi batas baku mutu yaitu sebesar 1030 mg/L.

2.1.5 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik di dalam air. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses kimia dan mengakibatkan berkurangnya kandungan oksigen terlarut dalam air (Masduqi & F.Assomadi, 2016). COD (Chemical Oxygen Demand) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa-senyawa organik dalam air menjadi karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Semakin tinggi nilai COD, maka kandungan zat organik dalam air juga semakin besar, yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air (Fadzry et al., 2020).

Berdasarkan Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Pemotongan Hewan kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan adalah 200 mg/L. Sedangkan industri Rumah Pemotongan Hewan memiliki kandungan melebihi batas baku mutu yaitu sebesar 2000 mg/L.

2.1.6 Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Kandungan amonia dalam air dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan organisme dalam perairan. Secara ilmiah, keberadaan amonia dalam air berupa amonia terlarut (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+). Amonia bebas (NH_3) yang tidak terionisasi akan bersifat toksik. Kadar amonia bebas meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan suhu perairan. Sifat toksik amonia dipengaruhi oleh pH, suhu, dan kadar oksigen terlarut. Kondisi amonia pada pH rendah akan bersifat racun jika jumlahnya banyak, sedangkan amonia pada pH tinggi juga akan bersifat racun meskipun jumlahnya rendah. Penurunan kadar oksigen terlarut akan meningkatkan toksisitas amonia dalam perairan.

Kandungan amonia (NH_3) bersifat mudah terlarut dalam air. Ion amonium adalah bentuk transisi dari amonia. Sumber amonia yang ada di perairan adalah pemecahan nitrogen organik dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah

dan air dan berasal dari dekomposisi bahan organik seperti mikroba, proses ini disebut dengan proses amonitrifikasi (Sumantri & Cordova, 2011).

Proses pengolahan air limbah dengan kombinasi kondisi aerob dan anaerob sering diterapkan untuk menyisihkan kandungan nitrogen secara efektif. Pada tahap aerobik, terjadi proses nitrifikasi, di mana senyawa amonia (NH_4^+) diubah menjadi nitrat (NO_3^-) oleh bakteri nitrifikasi. Selanjutnya, dalam kondisi anoksik, nitrat yang terbentuk akan mengalami denitrifikasi, yaitu diubah menjadi gas nitrogen (N_2) dan dilepaskan ke atmosfer. Selain nitrogen, kombinasi proses ini juga efektif dalam menghilangkan fosfor serta senyawa organik yang terukur dalam parameter BOD (Biochemical Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand). Dalam kondisi oxic, fosfor terlarut diserap oleh mikroorganisme dan disimpan dalam bentuk polifosfat, dengan energi yang diperoleh dari oksidasi senyawa BOD/COD. Sementara itu, dalam kondisi oxic, fosfor anorganik yang tersimpan dalam sel mikroorganisme dilepaskan akibat proses hidrolisis, dan energi yang dihasilkan digunakan oleh mikroorganisme untuk menyerap senyawa organik dari air limbah (Satria et al., 2019).

Berdasarkan Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Pemotongan Hewan kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan adalah 25 mg/L. Sedangkan industri Rumah Pemotongan Hewan memiliki kandungan melebihi batas baku mutu yaitu sebesar 200 mg/L.

2.2 Standar Baku Mutu Limbah Rumah Potong Hewan

Standar baku mutu limbah industri rumah potong hewan ini mengacu pada Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah bagi industri rumah potong hewan yang berlaku dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Keterangan
BOD5	mg/L	100	-
COD	mg/L	200	-
TSS	mg/L	100	-
Minyak dan Lemak	mg/L	15	-
NH3-N	mg/L	25	-
Coliform	MPN/100 mL	5000	-
pH	-	6 - 9	rentang

Sumber : Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012

2.3 Bangunan Pengolahan Air Limbah Industri Rumah Potong Hewan (RPH)

Bangunan pengolahan air limbah perlu dirancang dan dikelola dengan baik sesuai dengan jenis limbah yang diolah, sehingga dapat mengurangi beban pencemaran secara optimal dan efisien. Menurut Kencanawati (2016), tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk menghilangkan bahan pencemar dalam air, khususnya senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroorganisme patogen, serta senyawa organik yang tidak dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme.

2.3.1 Saluran Pembawa

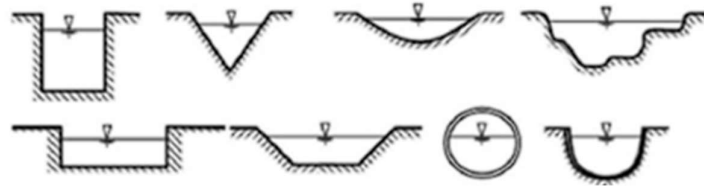
Saluran pembawa adalah saluran yang digunakan untuk menyalurkan atau mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan lainnya. Saluran pembawa biasanya terbuat dari beton. Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan

yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini di atas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m).



Gambar 2.1 Saluran Tertutup dan Saluran Terbuka

Saluran terbuka (open channel flow) adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, diantaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut. Sedangkan saluran tertutup (pipe flow) adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sistem sewerage. Namun walaupun tertutup, alirannya tetap mengikuti gravitasi yaitu aliran pada saluran terbuka.



Gambar 2.2 Macam Bentuk Saluran Terbuka

2.3.2 Bar Screen

Penyaringan biasanya dilakukan di awal proses pengolahan terhadap air limbah. Secara umum, tujuan dari screening adalah untuk membedakan berbagai unsur yang terdapat dalam air limbah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada unit sistem pompa, pemisah lumpur, dan pipa jika tidak terpisah. Menurut Said (2017) hal itu dapat menyebabkan isu serius bagi pemeliharaan dan operasional perangkat. Prinsip penyaringan adalah menghapus material kasar yang ada pada aliran limbah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan pengolahan,

mengurangi efisiensi pengolahan dan pengeluaran dalam proses pengolahan, adanya pencemaran dalam aliran air.

Unit penyaringan bertujuan untuk menahan sampah dan benda padat yang berukuran besar (seperti: plastik, kain, kayu, dan kerikil) yang masuk bersama lumpur tinja. Unit ini terdiri dari rangkaian batang dan/ atau pelat berlubang (perforated plate), serta bukaanannya dapat berbentuk lingkaran, persegi panjang, dan persegi. Berdasarkan jarak antar batang (bar/kisi), unit penyaringan dibagi menjadi 3 jenis yaitu saringan kasar (terdiri atas manual bar screen dan mekanikal *bar screen*), saringan halus (terdiri atas *static wedge wire*, *step*, *traveling band*, dan *drum*) dan saringan mikro. Saringan halus (fine screen) memiliki jarak antar kisi 0,5–6 mm, saringan kasar (coarse screen) memiliki jarak antar kisi 6–75 mm, dan saringan mikro (microscreen) memiliki jarak antar kisi $<0,5$.

2.3.3 Bak Ekualisasi

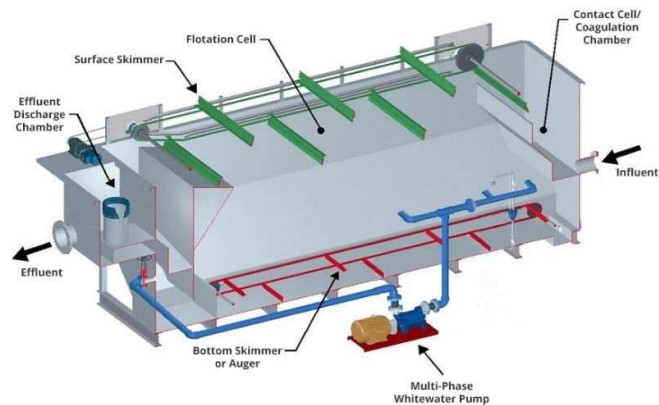
Bak ekualisasi merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung dan menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi di bak equalisasi maksimum adalah 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk (inlet) atau saluran pembawa agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak ekualisasi, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata (Takashi Asano & Professor, 2007).

Selain itu, bak ekualisasi dapat digunakan untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh variasi debit, yang nanti akan tercapai debit yang konstan dalam sejumlah situasi yang berbeda (Metcalf & Eddy, 2004). Dalam prosesnya, bak ekualisasi dibantu dengan mixing atau aerasi, biasanya dilakukan untuk memastikan pemerataan yang memadai dan untuk mencegah padatan yang mengendap pada dasar bak. Beberapa metode yang telah digunakan untuk mixing

atau aerasi meliputi: distribusi aliran masuk dan penyekat/baffle, mixing turbin, diffused air aeration, mechanical aeration, mixer terendam (Eckenfelder, 2001).

2.3.4 *Dissolved Air Flotation (DAF)*

DAF merupakan proses pemisahan padatan, minyak dan kontaminan tersuspensi lainnya dengan menggunakan gelembung udara. Udara yang ditambahkan ke dalam air akan tercampur dengan aliran air dan terlepas dari larutan ketika terjadi kontak dengan kontaminan. Gelembung udara menempel pada padatan, meningkatkan daya apung dan mengangkat padatan ke permukaan air. Pada sistem DAF, udara dilarutkan di dalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ke tekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang sangat halus (30 – 120 mikron). Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif



Gambar 2.3 *Dissolved Air Flotation (DAF)*

Unit pengolahan DAF menggunakan konsep flotasi dan koagulasi flokulasi dalam sistem pengolahan sebagai berikut :

1. Flotasi

Flotasi adalah unit operasi untuk memisahkan fase cair atau fasa padat dari fasa cair. Pemisahan partikel dari cairannya pada proses flotasi didasarkan pada perbedaan berat jenis partikel dengan bantuan gelembung udara. Flotasi bertujuan untuk memisahkan antara minyak atau lemak dengan air. Massa jenis yang relatif rendah akan membuat minyak atau lemak mengapung pada permukaan air. Minyak atau lemak yang mengapung akan digerus dengan scraper dan dipisahkan dari air (Eddy, 2003).

2. Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dan padatan tersuspensi dengan penambahan senyawa kimia yang dinamakan zat koagulan sehingga dapat membentuk flok-flok yang dapat diendapkan. Dalam kondisi stabil partikel koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya Tarik-menarik antar partikel lebih kecil dengan gaya tolak-menolak akibat dari muatan listrik. Dalam proses koagulasi yang terjadi secara destabilisasi membentuk partikel-partikel koloid bersatu dan menjadi partikel yang lebih besar. Dengan demikian partikel koloid yang awalnya sukar dengan air, setelah proses koagulasi partikel koloid tersebut akan membentuk kumpulan partikel atau flok yang lebih besar sehingga memudahkan pemisahan flok

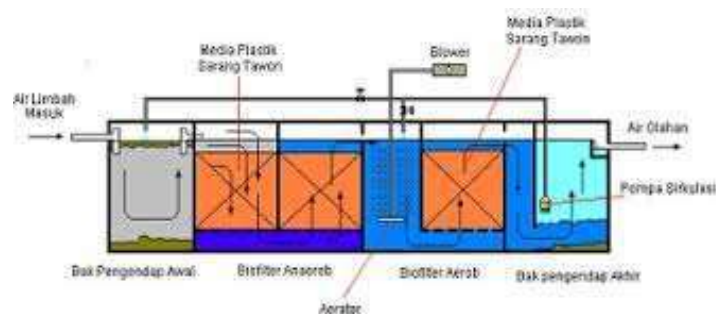
2.3.5 Biofilter Anaerob-Aerob

Biofilter anaerob-aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan menggunakan media penyangga dalam reaktor biologis dan bantuan aerasi (Marsidi & Herlambang, 2002). Proses aerasi diperlukan oleh mikroorganisme aerob dalam media penyangga membutuhkan suplai oksigen atau udara untuk mengurai senyawa organik menjadi CO₂, air, dan amonia. Pengolahan air limbah dengan sistem aerobik dan anaerobik menggunakan biofilter memiliki kesamaan konsep dengan trickling filter. Secara konsep pengolahan air limbah dengan konsep aerobik membutuhkan keberadaan oksigen untuk mendegradasi bahan-bahan organik,

sedangkan pada biofilter anaerobik, dibutuhkan kondisi tanpa udara agar bakteri bekerja maksimal (Pamungkas, 2017).

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter tercelup dilakukan dengan mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk mengembangbiakkan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm secara aerobik yang menunjukkan sistem biofilm yang terdiri dari media penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan air limbah dan udara. Senyawa polutan yang ada dalam air limbah, seperti senyawa organik (BOD, COD), ammonia, fosfor, dan lainnya, akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan, dengan bantuan oksigen terlarut, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada pada lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa. Suplai oksigen pada lapisan biofilm pada sistem biofilter tercelup dapat dilakukan dengan menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi (Metcalf & Eddy, 2004).

Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik, sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerob akan terbentuk gas H_2S , dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar, maka gas H_2S yang terbentuk akan diubah menjadi sulfat (SO_4) oleh bakteri sulfat yang ada pada biofilm (Metcalf & Eddy, 2004)



Gambar 2.4 Biofilter Anaerob-Aerob

Pengolahan limbah dengan secara anaerobik dalam aplikasinya menggunakan media biofilter dalam reaktor anaerob. Media biofilter yang digunakan bertujuan untuk tempat melekatnya mikroorganisme sehingga berguna untuk pengembangbiakan mikroorganisme tersebut. Hal ini dikarenakan, pengolahan limbah secara anaerobik merupakan suatu metabolisme tanpa menggunakan oksigen yang dilakukan oleh bakteri anaerobik. Dalam proses, anaerobik ini, yang sangat berperan adalah aktifitas mikroba dalam multi tahap pengolahan limbah secara anaerobik, yaitu tahap hidrolitik, asidifikasi, dan methanasi (Said & Firly, 2005)

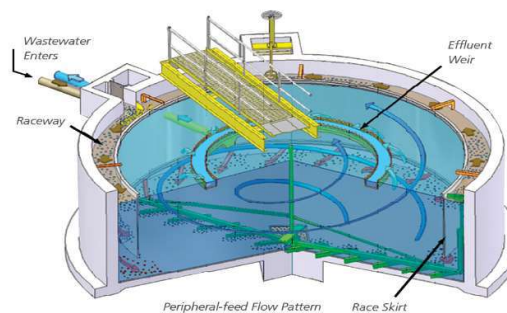
Pengolahan air limbah dengan biofilm atau biofilter tercelup dilakukan dengan mengalirkan air limbah ke reaktor biologis dimana didalamnya terdapat media penyangga yang berguna dalam pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Proses biofilter aerobik dilakukan dengan memberikan udara atau oksigen. Dimana posisi media biofilter tercelup dibawah permukaan air. Senyawa polutan yang berada di air limbah seperti senyawa organik, ammonia, fosfor, dan lainnya akan berdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. ada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam 23 lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa (Said, 2017).

Posisi media biofilter tercelup di bawah permukaan air. Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter tercelup aerobik, sistem suplai udara dapat dilakukan dengan berbagai cara. Beberapa cara yang sering digunakan antara lain adalah aerasi samping, aerasi tengah (pusat), aerasi merata seluruh permukaan, aerasi eksternal, aerasi dengan "air lift pump", dan aerasi dengan sistem mekanik. Masing-masing cara mempunyai keuntungan dan kekurangan. Sistem aerasi juga tergantung dari jenis media maupun efisiensi yang diharapkan. Penyerapan oksigen dapat terjadi disebabkan terutama karena aliran sirkulasi atau aliran putar kecuali pada sistem aerasi merata seluruh permukaan media.

Jika kemampuan penyerapan oksigen besar maka kemampuan ini dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan beban organik yang besar pula. Karena itu diperlukan juga media biofilter yang dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar. Biasanya untuk media biofilter dari bahan anorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula. Jika sistem aliran dilakukan dari atas ke bawah maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses penumpukan lumpur organik pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Oleh karena itu perlu proses pencucian secukupnya. Jika terjadi penyumbatan maka dapat terjadi aliran singkat (short pass) dan juga terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun secara drastis (Said, 2017).

2.3.6 Secondary Clarifier

Sedimentasi adalah pemisahan padatan-cairan menggunakan pengendapan gravitasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi. Bak sedimentasi biasanya dibuat dari beton bertulang dan dapat berbentuk lingkaran, bujur sangkar, atau persegi panjang sesuai perencanaan (Reynolds & Richards, 1996) Tujuan dari pengolahan dengan sedimentasi adalah untuk menghilangkan padatan yang mudah mengendap dan material yang mengapung sehingga mengurangi kandungan padatan tersuspensi dalam air limbah.



Gambar 2.5 Secondary Clarifier

Clarifier adalah pengolahan lanjutan dari pengolahan terdahulu jika banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah khusus, seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri patogen lainnya. Clarifier sama dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis. Dalam tangki melingkar, pola alirannya radial (berlawanan dengan horizontal). Untuk mencapai pola aliran radial, air limbah yang akan disetel dapat dimasukkan di tengah atau di sekitar pinggiran tangki. Kedua konfigurasi aliran bisa digunakan, meskipun tipe influent tengah lebih umum, terutama untuk pengolahan primer. Dalam desain influent tengah, air limbah diangkut ke pusat tangki dalam pipa yang digantungkan dari jembatan, atau dibungkus dengan beton di bawah lantai tangki (Metcalf & Eddy, 2004).

2.3.7 Belt-Filter Press

Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Di beberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vakum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, di mana lumpur diremas di antara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi di mana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan Scraper blade sistem operasi jenis belt- filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari belt-filter press, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Belt Filter Press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi

mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasi yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meninggikan konsentrasi padatan lumpur.

2.4 Persen Removal

Berdasarkan studi literatur yang telah kami kumpulkan, diperoleh rangkuman % penyisihan untuk unit pengolahan beserta keseluruhan parameter dalam air sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air minum yang telah direncanakan. Berikut merupakan rangkuman kemampuan penyisihan dari unit pengolahan air limbah :

Tabel 2.2 Persen Removal

Parameter	Unit dan % Removal	Sumber
Minyak Lemak	DAF 80 - 97%	<i>(Nicholas - Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies-Butterworth-Heinemann)</i>
TSS	DAF 80 - 97%	<i>(Nicholas - Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies-Butterworth-Heinemann)</i>
	Biofilter Anaerob 84%	<i>ISRAFIZAR PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH) KOTA BANDA ACEH DENGAN MENGGUNAKAN ANAEROBIC FILTER</i>
	Biofilter Anaerob 80% - 82%	<i>JURNAL ENVIROUS VOL 1 NO 1 (2020) 22 PENURUNAN KADAR COD, TSS, DAN AMONIA TOTAL (NH3-N) PADA AIR LIMBAH PEMOTONGAN PUYUH DENGAN</i>

Parameter	Unit dan % Removal	Sumber
		<i>MENGGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB-AEROB.</i>
	Biofilter Aerob 94% - 96%	<i>Jurnal Air Indonesia Vol.1 No.3 (2005). Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam.</i>
BOD	Biofilter Anaerob 79%	<i>ISRAFIZAR PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH) KOTA BANDA ACEH DENGAN MENGGUNAKAN ANAEROBIC FILTER</i>
	Biofilter Aerob 95% - 90%	<i>Jurnal Air Indonesia Vol.1 No.3 (2005). Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam.</i>
COD	Biofilter Anaerob 85% - 92%	<i>Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan PENURUNAN BEBAN PENCEMAR RUMAH POTONG HEWAN (RPH) MENGGUNAKAN SISTEM BIOFILTER ANAEROB.</i>
	Biofilter Anaerob 88% - 90%	<i>JURNAL ENVIROUS VOL 1 NO 1 (2020) 22 PENURUNAN KADAR COD, TSS, DAN AMMONIA TOTAL (NH3-N) PADA AIR LIMBAH PEMOTONGAN PUYUH DENGAN MENGGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB-AEROB.</i>

Parameter	Unit dan % Removal	Sumber
	Biofilter Aerob 86% - 90%	<i>Jurnal Air Indonesia Vol.1 No.3 (2005). Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam.</i>
	Biofilter Aerob 70%	<i>Riffat Rumana - Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering.</i>
Amonia	Biofilter Anaerob 83% - 91%	<i>Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan PENURUNAN BEBAN PENCEMAR RUMAH POTONG HEWAN (RPH) MENGGUNAKAN SISTEM BIOFILTER ANAEROB.</i>
	Biofilter Anaerob 64% - 65%	<i>JURNAL ENVIROUS VOL 1 NO 1 (2020) 22 PENURUNAN KADAR COD, TSS, DAN AMONIA TOTAL (NH₃-N) PADA AIR LIMBAH PEMOTONGAN PUYUH DENGAN MENGGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB-AEROB.</i>

2.5 Profil Hidrolis

Hal – hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat Profil Hidrolis antara lain :

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 saluran terbuka
 - b. Kehilangan tekanan pada bak
 - c. Kehilangan tekanan pada pintu air
 - d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain – lain harus dihitung secara khusus
2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris
 - a. Kehilangan tekanan pada perpipaan
 - b. Kehilangan tekanan pada aksesoris
 - c. Kehilangan tekanan pada pompa
3. 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 udara 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.

- d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.

2.6 BOQ dan RAB

2.6.1 *Bill of Quantity (BOQ)*

Bill of Quantity BOQ (daftar kuantitas), adalah perincian seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah pekerjaan konstruksi. Yang terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan MEP (Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing), pekerjaan utilitas, lanskap dan sebagainya. Karakteristik BOQ:

1. Dalam BOQ masing-masing item pekerjaan telah tercantum beserta volume,
2. Tidak menutup kemungkinan item dan volume pekerjaan tersebut dapat bertambah atau berkurang kemudian hari, yaitu pada saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Dalam BOQ tidak tercantum harga satuan pekerjaan,
4. Menghitung volume BOQ berdasarkan gambar rencana,
5. Pihak yang menyusun BOQ adalah konsultan perencanaan.

Tujuan membuat BOQ adalah:

1. Sebagai perhitungan awal, untuk mengetahui jumlah biaya yang harus disiapkan oleh Owner untuk pelaksanaan proyek,
2. Untuk keperluan pelaksanaan proses tender (lelang) proyek,
3. Berguna sebagai acuan/dasar bagi peserta lelang (kontraktor) untuk mengajukan penawaran harga.

2.6.2 Rencana Anggaran Biaya

RAB adalah daftar harga atau perhitungan rincian biaya yang kita anggarkan untuk pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Mencakup keseluruhan biaya yang kita perlukan untuk pengadaan bahan, biaya alat maupun biaya/upah tenaga kerja. RAB dapat meliputi seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah proyek, atau

hanya meliputi 1 sub pekerjaan saja. Misalnya RAB sub pekerjaan konstruksi baja, RAB sub pekerjaan instalasi listrik, dan seterusnya. Karakteristik RAB:

1. Dalam RAB telah tercantum seluruh item pekerjaan, volume serta harga satuan pekerjaan,
2. Item pekerjaan, volume dan harga satuan yang ada dalam RAB sifatnya mengikat. Artinya tidak dapat berubah (bertambah atau berkurang) kemudian hari,
3. RAB oleh masing-masing peserta lelang (kontraktor), sehingga volume dan harga satuan pekerjaan pasti berbeda.

Tujuan membuat RAB adalah:

1. Pada proyek berskala kecil yang tidak menggunakan jasa konsultan perencanaan, misalnya pembangunan rumah tinggal. Kontraktor selalu melakukan perhitungan RAB untuk diajukan kepada owner. Sementara kasus yang sedikit berbeda, jika kontraktor ingin ngesub salah satu pekerjaan dari maincont. Walaupun sebenarnya maincont memiliki BOQ, namun tak jarang kontraktor harus melakukan perhitungan RAB
2. Ketika maincont menyatakan agar subcont melakukan perhitungan RAB, maka secara otomatis BOQ yang disusun oleh konsultan perencanaan tidak berlaku. Dengan kata lain BOQ tersebut menjadi rahasia oleh maincont, yang tidak perlu diketahui oleh subcont.