

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

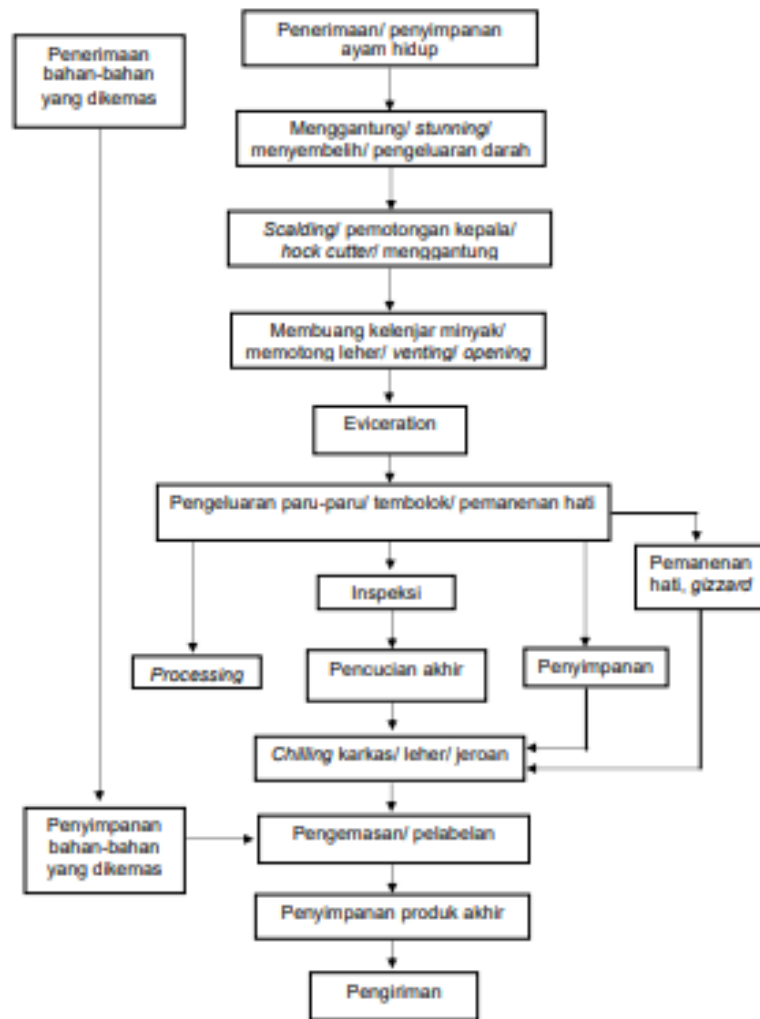
2.1 Industri Rumah Potong Ayam

Rumah Potong Ayam (RPA) merupakan fasilitas produksi pangan hewani yang berfungsi mengonversi ayam hidup menjadi karkas melalui rangkaian proses terstandar meliputi penerimaan unggas, penyembelihan, *scalding*, pencabutan bulu, *eviscerasi*, pencucian, hingga pendinginan. Operasional RPA menerapkan prinsip higiene dan sanitasi ketat untuk meminimalkan kontaminasi mikrobiologis, termasuk penerapan alur kerja satu arah, pemisahan area kotor–bersih, serta pembersihan peralatan secara berkelanjutan. Dalam konteks negara muslim, RPA juga wajib memenuhi persyaratan kehalalan yang meliputi metode penyembelihan, kebersihan fasilitas, dan penanganan karkas sesuai ketentuan syariat. Studi menunjukkan bahwa penerapan sanitasi, biosekuriti, dan prosedur penyembelihan yang terstandar berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas keamanan pangan dan penurunan risiko kontaminasi produk unggas (Ismail et al., 2022).

2.1.1 Proses Produksi Industri Rumah Potong Ayam

Pemrosesan ayam merupakan proses pengubahan ayam menjadi karkas dan atau daging. Berikut adalah diagram alir proses pemotongan ayam menurut USDA dalam Sibarani (2011). Secara umum, tahapan proses produksi di RPA meliputi penerimaan dan penanganan awal ayam hidup, proses penyembelihan dan pengeluaran darah, perendaman air panas dan pencabutan bulu, pengeluaran organ dalam (*eviscerasi*), pencucian karkas, pendinginan, serta penimbangan dan pengemasan. Setiap tahapan proses tersebut saling berkaitan dan ditunjukkan secara skematis pada diagram alir proses produksi.

Selama proses produksi berlangsung, digunakan air dalam jumlah cukup besar terutama pada tahap penyembelihan, pencucian, dan sanitasi peralatan. Penggunaan air ini berpotensi menghasilkan limbah cair yang mengandung bahan organik, lemak, dan mikroorganisme, sehingga perlu dikelola dengan baik.



Gambar 2. 1 Diagram Alir Penanganan Ayam

Sumber : USDA dalam Sibarani, 2011

A. Penerimaan Ayam Hidup

Murtidjo (2003), menerangkan bahwa pada waktu ayam masih hidup, faktor penentu kualitas daging ayam adalah cara pemeliharaan, yaitu pemberian makanan, tata laksana pemeliharaan dan perawatan kesehatan. Pada proses pemotongan faktor yang sangat mempengaruhi adalah peralatan, lingkungan, pengeluaran darah ayam dengan sempurna, kontaminasi mikroba dari proses pengulitan, pencucian jeroan dan pengepakan setelah pemotongan. Proses penyembelihan harus memenuhi persyaratan teknis dan kesejahteraan ternak, ayam yang akan disembelih, penyembelih dan proses pemotongan. Sebelum

pemotongan, ayam-ayam tidak boleh makan, tetapi harus diberi air minum, minimal 8-12 jam. Hal ini bertujuan untuk mengosongkan tembolok ayam sebelum menyembelih, untuk mencegah kemungkinan ekskresi isi usus, kemudian dilakukan pemeriksaan antemortem yaitu pemeriksaan kesehatan ayam sebelum menyembelih. Kesejahteraan ternak juga harus diperhatikan, yaitu: bebas dari lapar dan haus, bebas dari ketidaknyamanan, bebas dari rasa sakit, cedera dan penyakit, bebas untuk mengekspresikan perilaku normal, bebas dari rasa takut dan stres (Sibarani, 2011).

Ayam diistirahatkan di lokasi khusus minimal 2 jam sebelum pemotongan. Pengistirahatan ini bertujuan untuk memulihkan kondisi ayam, serta menghilangkan stres pada ayam setelah melalui proses penangkapan dan transportasi. Sebelum pemotongan, ayam sebaiknya dipuaskan (tidak diberi makanan), namun tetap diberi minum, minimal 8-12 jam. Hal ini dimaksudkan agar pada saat penyembelihan, tembolok dalam kondisi kosong, sehingga kemungkinan terjadinya pencemaran akibat isi tembolok atau isi usus yang keluar dapat dihindari (Direktorat Kesmavet dan Pascapanen, 2010).

B. Penggantungan

Umumnya sebelum proses pemingsanan ayam terlebih dahulu digantung dengan hati-hati pada rak penggantungan dengan posisi kepala di bawah. Setelah ayam digantung, secara bergantian alat pemingsan ditempelkan pada masing-masing kepala ayam dengan waktu kontak tertentu, sehingga ayam pingsan namun tidak sampai mati, setelah ayam pingsan maka harus segera diikuti dengan proses penyembelihan (Direktorat Kesmavet dan pascapanen, 2010).

C. Pemingsanan (*Stunning*)

Pemingsanan pada ayam dilakukan dengan air yang dialiri listrik 15- 25 volt, 0,1-0,3 ampere, 5-10 detik pada ayam yang akan dipotong. Tujuan pemingsanan tersebut adalah untuk membuat ayam tidak sadar sebelum dilakukan penyembelihan sehingga dapat mengurangi rasa sakit (aspek kesejahteraan hewan), mempermudah proses penyembelihan, mengurangi kepanikan sesaat setelah penyembelihan agar mengurangi munculnya bitnik-

bintik darah (blood spot) pada karkas, dan mempercepat proses pengeluaran darah (Direktorat Kesmavet dan pascapanen, 2010).

D. Penyembelihan

Penyembelihan harus segera dilakukan sesaat setelah ayam tersebut pingsan. Ayam yang pingsan ditandai dengan adanya gerakan berkejut / kejang pada leher dan kepala, sayap tidak terkulai serta konjungtiva mata tidak tertutup sempurna, sedangkan 40 ayam yang mati setelah pemingsanan ditandai dengan kepala yang terkulai lemas tanpa ada gerakan tetanis, konjungtiva mata tertutup sempurna, dan sayap agak terkulai (Direktorat Kesmavet dan pascapanen, 2010). Penyembelihan harus dilakukan di leher binatang karena merupakan tempat terputusnya pembuluh darah atau kerongkongannya. Sempurnanya suatu penyembelih adalah dengan memutuskan tiga saluran yaitu esophagus, trakea dan pembuluh darah. Penyembelihan dianggap sah bila sudah memutuskan kerongkongan dan tenggorokan (Yana dkk, 2017).

E. Penirisan Darah

Penirisan darah merupakan salah satu tahap dari beberapa tahapan proses pemotongan ayam. Penyembelihan dan penirisan darah merupakan tahapan yang kritis dalam pemotongan ayam jika dikaitkan dengan kesempurnaan pengeluaran darah (Razali dkk, 2007). Pada proses pemotongan hal yang sangat mempengaruhi adalah peralatan, lingkungan dan pengeluaran darah ayam dengan sempurna. (Murtidjo, 2003)

Proses pengeluaran darah pada ayam biasanya selama 50-120 detik, tergantung pada besar kecilnya ayam yang dipotong (Abubakar, 2003). Darah dikeluarkan, dengan cara menggantung ayam dengan posisi kepala di bagian bawah selama 3-5 menit. Pengeluaran darah harus tuntas sehingga tidak menurunkan mutu karkas ayam, juga akan mempengaruhi warna kulit ayam dan berpotensi sebagai media pertumbuhan mikroba, sehingga daging cepat busuk (Sibarani, 2011).

F. Perendaman Air Panas

Setelah penirisan darah ayam, kemudian ayam dimasukkan ke dalam bak atau panci berisi air panas dengan suhu 52-55°C selama 45 detik. Proses ini

bertujuan agar memudahkan dalam proses pencabutan bulu (Sibarani, 2011). Perendaman pada temperature lebih tinggi dari 58°C dapat menyebabkan kulit menjadi lebih gelap dan mudah terserang bakteri (Soeparno dalam Ishaqi, 2013).

G. Pencabutan Bulu

Prinsip yang harus diperhatikan dalam proses ini adalah mesin plucker baik yang otomatis atau semimanual harus selalu terjaga kebersihannya. Jari-jari karet plucker harus diganti secara berkala, dan jika selesai digunakan ada yang patah, maka jari-jari ini harus segera diganti. Karena sifat bulu ayam yang kotor maka pencucian dan disinfeksi terhadap mesin ini juga harus rutin dilakukan setelah proses pemotongan selesai, sehingga kemungkinan terjadinya pencemaran dapat dihindari (Direktorat Kesmavet dan Pascapanen, 2010).

Ayam yang telah direbus kemudian dimasukkan ke dalam plucker untuk mencabut bulu. Pada saat proses plucking, air dingin disiramkan ke dalam mesin plucker agar kulit ayam tidak rusak dan untuk membersihkan bulu-bulu yang tercabut dari tubuh ayam. Bulu-bulu yang telah dicabut dengan plucker kemudian dikumpulkan di dalam karung plastik (Sibarani, 2011).

H. Pemotongan Kepala

Proses ini sebaiknya dilakukan di atas meja yang dilapisi keramik atau porselen, atau baja tahan karat yang dilengkapi dengan keran air (Sibarani, 2011).

I. Pemotongan Leher

Leher kemudian dipisahkan dari kepala dan karkas, dicuci dan dikemas (Sibarani, 2011).

J. Pemotongan Kaki

Pemotongan dilakukan pada sendi dibawah lutut sehingga hasil pemotongan membentuk seperti angka 8 (Sibarani, 2011).

K. *Eviscerating*

Eviserasi adalah proses pengeluaran jeroan dari dalam tubuh ayam dengan cara membuat irisan yang cukup besar pada bagian kloaka dan seuruh isi perut ditarik keluar. Jeroan ayam kemudian dipisah antara jantung, ampela, empedu

dan usus. Jeroan ayam mengandung *Campylobacter*, *colyform* dan *E.coli* (Windham, 2005).

L. Pengeluaran Paru-Paru atau Pemanenan Hati

Ampela dipisahkan dari hati dan jantung serta usus secara hati-hati hingga tidak rusak dan empedu tidak pecah. Ampela dipisahkan dari 44 tembolok dan dicuci bersih, lalu dikemas. Kemudian menggunakan jari tangan kanan paru-paru dilepaskan dari karkas ayam (Sibarani, 2011).

M. Pencucian

Pendinginan karkas dengan air dingin selama 30 menit berguna untuk menurunkan suhu karkas, sehingga pertumbuhan mikroorganisme pada karkas dan aktivitas enzim-enzim daging dapat dihambat, sehingga masa simpan karkas menjadi lebih lama. Selanjutnya, karkas siap dikemas dan diletakkan didalam wadah yang tertutup. Pecahan es dapat diletakkan ditumpukkan karkas untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Direktorat Kesmavet dan Pascapanen, 2010).

N. *Processing*

Berdasarkan cara pemotongan produk karkas ayam pedaging dibedakan menjadi lima bagian, antara lain adalah (a) karkas ayam utuh (whole chicken carcass), (b) potongan separuh (halves) karkas dibagi menjadi dua potong sama besar, (c) potongan seperempat (quarters) karkas dibagi menjadi empat potong sama besar, (d) potongan bagianbagian badan (chicken part atau cut-up), (e) debone atau boneless adalah karkas ayam pedaging tanpa tulang atau tanpa kulit dan tulang (Attahmid, 2009). Pemotongan retail dilakukan sesuai dengan permintaan. Karkas dipotong menjadi delapan potong yang terdiri atas dua paha bawah, dua paha atas, dua sayap, dua bagian dada (Sibarani, 2011).

O. Pengemasan

Setelah pembilasan, dilakukan penimbangan dan pembungkusan karkas dengan kantong plastik. Plastik pembungkus diberi label yang menerangkan jenis, berat, kualitas, dan harga karkas. Teknik pembungkusan harus diperhatikan, sehingga produk terlihat menarik (Murtidjo, 2003). Setelah proses pemotongan dan penyortiran, kemudian karkas dikemas. Kemasan dapat berupa

kantung plastik, *styrofoam* atau *coolbox*. Ukuran kemasan disesuaikan dengan karkas atau produk sampingan yang akan dibungkus (Sibarani, 2011). Pengemasan karkas ayam yaitu dikemas dalam kemasan yang aman, serta tidak mengakibatkan penyimpangan/kerusakan karkas selama penyimpanan dan pengangkutan. Penyimpanan karkas atau daging ayam dapat dilakukan dalam bentuk segar, segar dingin atau beku di ruangan atau tempat sesuai karakteristik produk (SNI, 2009).

2.2 Limbah Cair Industri Rumah Potong Hewan

Limbah cair dari Rumah Potong Ayam (RPA) umumnya mengandung beban organik tinggi, lemak atau minyak, darah, padatan tersuspensi, serta senyawa nitrogen dan padatan terlarut, sehingga termasuk limbah dengan karakteristik kompleks dan berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak diolah dengan benar (Ismail et al., 2022; Water MDPI, 2021). Kandungan bahan organik seperti darah, daging, lemak, dan kotoran menghasilkan nilai parameter pencemar yang tinggi pada tahap awal sehingga memerlukan serangkaian proses pengolahan. Tahap pra-perlakuan diperlukan untuk memisahkan padatan, lemak, dan material kasar, dilanjutkan dengan proses biologis aerob maupun anaerob guna menurunkan kadar organik dan parameter pencemar lainnya (Jurnal WAKTU UNIPA, 2020; JTMEI, 2023). Pengendalian nutrisi, terutama nitrogen dalam bentuk amonia atau derivatifnya, juga menjadi bagian penting dari pengolahan karena senyawa tersebut berpotensi menimbulkan dampak terhadap kualitas air dan kesehatan ekosistem (UGM, 2021). Oleh karena itu, limbah cair RPA memerlukan teknologi pengolahan terintegrasi yang mencakup tahapan fisik, kimia, dan biologis agar efluen yang dihasilkan memenuhi baku mutu lingkungan.

2.3 Karakteristik Limbah Cair Industri 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.

Setiap industri dan jenis bangunan memiliki karakteristik limbah yang berbeda-beda, tergantung pada jenis produk yang dihasilkan. Hal ini juga berlaku pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) milik industri Rumah Potong Hewan (RPH), yang memiliki karakteristik tersendiri. Mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Rumah Potong Hewan, terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menilai kandungan dalam air limbah. Parameter-parameter tersebut antara lain adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Rumah Potong Hewan

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
BOD	100
COD	200
TSS	100
Minyak & Lemak	15
NH ₃ -N	25
pH	6 - 9

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

2.3.1 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 Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Rumah Pemotongan Hewan kandungan pH yang diperbolehkan adalah 6 - 9. Sedangkan industri Rumah Pemotongan Hewan memiliki kandungan masih dalam jangkauan baku mutu yaitu sebesar 6,42.

2.3.2 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 Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Pemotongan Hewan kandungan BOD yang diperbolehkan adalah 100 mg/L. Sedangkan industri Rumah Pemotongan Hewan memiliki kandungan masih dalam jangkauan baku mutu yaitu sebesar 890 mg/L.

2.3.3 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 Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Pemotongan Hewan kandungan COD yang diperbolehkan adalah 200 mg/L. Sedangkan industri Rumah Pemotongan Hewan memiliki kandungan masih dalam jangkauan baku mutu yaitu sebesar 1400 mg/L.

2.3.4 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 (yang pada umumnya 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. Minyak hasil olahan petroleum dapat dipisahkan dari limbah dengan skimmer yang digerakkan pada bagian atas bak sedimentasi, termasuk minyak dari proses refinery, pabrik petrochemical, manufaktur logam dan laundry (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 deemulsifikasi). Minyak yang teremulsi dapat berbentuk fisika maupun kimiawi. Emulsi fisika merupakan campuran dari air dan minyak pekatatau bahan lain yang berminyak yang pada umumnya tidak terlarut dalam air, mereka juga biasanya terbentuk secara mekanik (melalui proses pemompaan sentrifugal secaracepat). 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 ($\text{Al}(\text{SO}_4)_3$) (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008).

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Potong Hewan kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan adalah 15 mg/L. Sedangkan industri Rumah Potong Hewan memiliki kandungan masih dalam jangkauan baku mutu yaitu sebesar 98 mg/L.

2.3.5 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 Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Potong Hewan kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan adalah 100 mg/L. Sedangkan industri Rumah Potong Hewan memiliki kandungan masih dalam jangkauan baku mutu yaitu sebesar 730 mg/L.

2.3.6 Ammonia Nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$)

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 Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Rumah Potong Hewan kandungan NH_3 -N yang diperbolehkan adalah 25 mg/L. Sedangkan industri Rumah Potong Hewan memiliki kandungan melebihi baku mutu yaitu sebesar 100 mg/L.

2.4 Bangunan Pengolahan Air Buangan

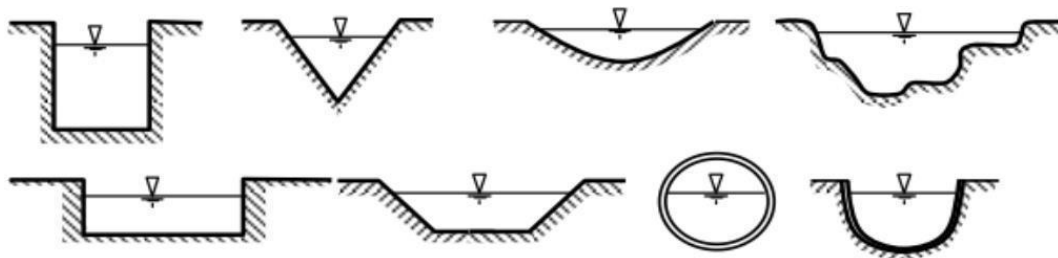
Bangunan pengolahan air buangan dirancang untuk mengurangi polutan pada air buangan atau limbah dengan metode yang paling efektif. Beban pencemar yang dimaksud adalah partikel berbahaya, BOD, COD, organisme patogen,

komponen toksik dan zat lainnya yang berpotensi menyebabkan penyakit pada manusia atau organisme lainnya. Berdasarkan kandungan pada air limbah industri berikut adalah bangunan pengolahan yang digunakan:

2.4.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa digunakan untuk mengalirkan air limbah menuju unit pengolahan selanjutnya. Perencanaan saluran pembawa memperhatikan beda ketinggian atau elevasi dari daerah perencanaan. Jika daerah perencanaan datar maka perlu untuk membuat kemiringan / *slope*. Kemudian saluran pembawa harus mampu menampung debit maksimal yang dihasilkan pada *effluent* limbah dan tidak timbul endapan saat debit minimum. Oleh karena itu untuk memastikan tidak terjadi penyumbatan maka setiap 10 m dibuat bak kontrol.

Saluran pembawa terdiri dari saluran terbuka dan tertutup (pipa). Pada saluran terbuka biasanya terbuat dari cor beton dan memiliki bentuk persegi, trapesium maupun setengah lingkaran. Karena terbuka sehingga terdapat kontak dengan udara langsung. Saluran terbuka memerlukan tempat yang luas dan biasanya digunakan untuk drainase air hujan atau limbah yang tidak membahayakan kesehatan dan lingkungan (Wesli, 2008).



Gambar 2. 2 Saluran Pembawa Tipe Terbuka

Sumber: https://emodul.untad.ac.id/pluginfile.php/198/mod_resource/content/1/reksun-mod5.pdf

Sedangkan saluran tertutup digunakan untuk air limbah atau air kotor yang membahayakan kesehatan dan mengganggu keindahan. Air Limbah yang melalui saluran tertutup tidak dipengaruhi oleh udara luar atau kontak langsung dengan udara. Saluran tertutup dapat menggunakan pipa dengan memperhatikan bahan yang digunakan dengan karakter limbah yang dihasilkan (Wesli, 2008).



Gambar 2. 3 Saluran Pembawa Tipe Tertutup

Sumber: https://emodul.untad.ac.id/pluginfile.php/198/mod_resource/content/1/reksun-mod5.pdf

2.4.2 Screening / Bar Screen

Unit pertama yang digunakan dalam pengolahan air limbah adalah *screening* atau penyaringan. Unit screening berfungsi untuk menghilangkan padatan yang berukuran besar pada air limbah. *Screen* dipasang melintang arah aliran air agar padatan kasar dapat tersaring dengan kecepatan yang digunakan lebih dari 3 m/s. Saat air limbah dilewatkan unit penyaring, padatan akan tertinggal atau tersaring tidak terjepit (Metcalf & Eddy, 2014).

Apabila padatan kasar lolos sebelum pengolahan limbah, akan menyebabkan kerusakan pada alat pengolah limbah sehingga dapat menyebabkan berkurangnya efektifitas pengolahan. Secara umum, *screen* dibedakan berdasarkan jenis saringannya yaitu saringan kasar dan halus. Berdasarkan jenis saringannya berikut adalah tipe-tipe *Screening* (Metcalf & Eddy, 2014) :

A. *Fine Screen* (Saringan Halus)

Saringan halus digunakan untuk menyaring partikel dengan ukuran 2,3- 6 mm. Biasanya digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*pre-treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*primary treatment*). *Fine Screen* terdiri dari *fixed* dan *movable Screen*. *Fixed Screen* atau *static* dipasang secara

permanen dalam posisi vertikal, miring, atau horizontal, dan harus dibersihkan dengan garu, 12 gigi, atau sikat. Pada *movable Screen* pembersihan dilakukan secara terus menerus selama pengoperasian (Qasim, 1985). Jenis saringan halus yang dikembangkan adalah ayakan kawat (*static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*) dan anak tangga (*step type*) (Metcalf & Eddy, 2014).



Gambar 2. 4 Fine Screen

Sumber : https://www.indiamart.com/proddetail/fine-bar-screen-10313991573.html?srltid=AfmBOorb09y5rxewhU8SjIOCfDOFHPxxHzm3zCybCQ_YPCuZjM4NtxI

Tabel 2. 2 Klasifikasi Fine Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen	Penggunaan
	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran			
		In	Mm		
Miring (Diam)	Sedang	0,01 - 0,1	0,25- 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel	Pengolahan Primer
	Kasar	0,1 - 0,2	2,5 – 5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel.	Pengolahan Pendahuluan

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen	Penggunaan
	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran			
		In	Mm		
Drum (berputar)	Sedang	0,01 - 0,1	0,25- 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel.	Pengolahan Primer

Sumber : (Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Page 315 -316)

Tabel 2. 3 Persen Removal Saringan Kasar

Parameter	U.S. Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Ukuran Batang				
Lebar	0,2 - 0,6	0,2 - 0,6	5 - 15	5 - 15
Kedalaman	1,0 - 1,5	1,0 - 1,5	23 - 38	25 - 38
Jarak antar batang	1,0 - 2,0	0,6 - 0,3	25 - 50	15 - 75
Kemiringan thd vertikal (Derajat)	30-45	0-30	30-45	0-30
Kecepatan	1,0-2,0 ft/s	2,0 3,25 ft/s	0,3 - 0,6 m/s	0,6 - 1,0 m/s
Headloss max	6 in	6-24 in	150 mm	150 mm

Sumber : (Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Page 315 -316)

B. Micro Screen

Micro Screen merupakan saringan yang memiliki ukuran kurang dari 0,5 μm dan digunakan untuk menyaring material mengapung, alga, dan benda di dalam limbah yang berukuran kecil.



Gambar 2. 5 *Micro Screen*

Sumber: <https://aosts.com/types-wastewater-screening/>

C. *Coarse Screen* (Saringan Kasar)

Coarse Screen berbentuk seperti batangan paralel, umumnya dikenal sebagai "*bar screen*" digunakan untuk menyaring padatan kasar yang berukuran antara 6mm - 150mm seperti ranting kayu, kain dan kotoran lainnya. *Coarse Screen* berfungsi untuk melindungi pompa, *valve*, pipa dan peralatan lainnya terhadap kerusakan atau tersumbat oleh benda-benda tersebut. Metode pembersihan *bar screen* terbagi menjadi dua yaitu manual dan mekanik. Pembersihan manual biasanya dilakukan di industri kecil atau menengah. Prinsip yang digunakan adalah material padat yang kasar dihilangkan dengan rangkaian material baja yang ditempatkan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran adalah 0,3 - 0,6 m/s sehingga padatan tidak tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan penampang batang berbentuk persegi panjang. *Bar Screen* dibersihkan secara manual, biasanya layar dimiringkan 30° hingga 45° ke arah horizontal.



Gambar 2. 6 *Coarse Screen* (Saringan Kasar)

Sumber: <https://www.jcfranceindustrie.fr/en/bar-screens-wastewater/mechanical-coarse-screen/>

2.4.3 Bak Penampung

Bak penampung 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 penampung 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 penampung, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Manfaat utama dari aplikasi bak penampung antara lain:

1. Pengolahan biologis dapat dioptimalkan karena *shock loading rate* mampu dikurangi/dicegah, zat penghambat dapat diencerkan
2. Kualitas efluen dan kinerja tangki sedimentasi sekunder setelah pengolahan biologis air limbah mampu dioptimalkan melalui peningkatan konsistensi dalam pembuatan padatan
3. Kebutuhan luas permukaan dalam unit filtrasi dapat dikurangi, kinerja filter ditingkatkan, dan siklus *backwash* pada filter yang lebih seragam dimungkinkan dilakukan dengan muatan hidrolik yang lebih rendah (efisiensi penggunaan); iv) dalam pengolahan kimia, mampu mengurangi penggunaan bahan kimia akibat ketidakstabilan parameter yang fluktuatif setiap jamnya.
4. Adapun kriteria desain dan perencanaan yang harus dipenuhi untuk perencanaan unit bak penampung antara lain sebagai berikut (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018 :

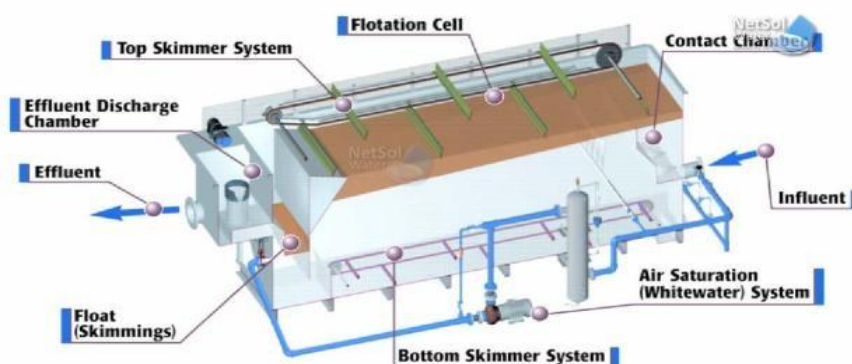
Tabel 2. 4 Kriteria Desain dan Perencanaan Bak Penampung

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1.	Kedalaman Air minimal	H min	1,5-2	m	(Metcalf & Eddy et al., 2007)
2.	Ambang Batas	Hfb	5-30	%	
3.	Laju Pemompaan udara	Q udara	0,01-0,015	m ³ /m ³ -menit	
4.	Kemiringan dasar tangki	Slope	40-100	Mm/m diameter	(Qasim & Zhu, 2017)
5.	Waktu Tinggal	Td	1-2	Jam	(Metcalf & Eddy et al., 2007)

(Sumber : Dirjen Cipta Karya, 2018, Halaman 32)

2.4.4 Dissolved Air Flotation (DAF)

Dissolved Air Flotation (DAF), adalah sebuah metode pengolahan air yang terbukti efektif dalam memisahkan partikel tak terlarut dari dalam air. Prinsip utamanya adalah menggabungkan udara dengan air di bawah tekanan tinggi, sehingga udara terlarut dalam air dan membentuk gelembung-gelembung udara sangat kecil, biasanya berukuran antara 10 mm hingga 100 mm. Pada tahap selanjutnya, padatan tersuspensi akan dipisahkan dengan bantuan sistem mekanik (Fatma et al., 2022).



Gambar 2. 7 Unit Dissolved Air Flotation (DAF)

Sumber : <https://grinvirobiotekno.com/2024/03/14/dissolved-air-flotation-daf-efekti/>

Flotasi adalah proses unit operasi yang digunakan untuk mengisolasi partikel padat atau cair dari dalam fase cair. Prinsipnya melibatkan penyuntikan gelembung gas halus, seperti udara, ke dalam fase cair. Gelembung-gelembung tersebut melekat pada partikel, dan daya apung yang dihasilkan oleh kombinasi partikel dan gelembung gas cukup kuat untuk mengangkat partikel ke permukaan. Oleh karena itu, partikel dengan densitas yang lebih tinggi daripada cairan akan terangkat ke atas. Proses flotasi udara terlarut, atau Dalam sistem DAF, udara didistribusikan ke dalam air limbah di bawah tekanan beberapa atmosfer, lalu tekanan dilepaskan hingga mencapai tekanan atmosfer. Pada tekanan rendah, seluruh aliran air dapat diberi tekanan melalui pompa hingga sekitar 275 hingga 350 kPa dengan penambahan udara terkompresi melalui pompa penghisap. Selanjutnya, dalam tangki retensi di bawah tekanan selama beberapa menit, udara terlarut dalam air. Kemudian, campuran air dan udara ini masuk ke dalam tangki flotasi, di mana udara terlepas dalam bentuk gelembung yang sangat halus (Metcalf & Eddy, 2014).

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

A. Flotasi

Pemisahan partikel dari cairan flotasi didasarkan pada perbedaan berat jenis partikel dengan bantuan gelembung udara. Proses flotasi dibagi menjadi 3 jenis antara lain:

B. *Air flotation*

Udara-udara akan masuk ke dalam fluida dengan menggunakan mekanisme rotor-disperser. Rotor yang terendam dalam fluida akan mendorong udara menuju bukaan disperser sehingga udara bercampur dengan air sehingga partikel yang mengapung disisihkan. Sistem ini memiliki keuntungan antara lain tidak memerlukan area yang luas dan lebih efektif dalam menyisihkan partikel minyak.

- ***Dissolved Air Flotation (DAF)***

Melakukan pengapungan dengan melarutkan udara ke dalam fluida dengan tekanan yang tinggi kemudian dilepaskan dalam tekanan atmosfer.

Penggabungan dari gelembung-gelembung gas halus dengan *suspended solid* atau *oil* mengakibatkan penurunan gravitasi sehingga menambah daya pengapungan.

- ***Vacum Flotation***

Limbah cair diaerasi hingga jenuh sehingga akan terbentuk gelembung udara yang akan lolos ke atmosfer dengan mengangkat partikel-partikel ke atas.

- **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 pada proses selanjutnya yaitu sedimentasi.

Zat koagulan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi, zat warna, koloid, dan lain-lain agar dapat membentuk flok atau gumpalan partikel yang lebih besar. Zat alkali dan zat pembantu koagulan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membantu proses pembentukan flok agar dapat berjalan lebih cepat dan baik, selain itu fungsi zat alkali dan zat pembantu koagulan dapat mengatur kondisi pH dalam keadaan stabil pada air baku sehingga dapat menunjang proses pada flokulasi (Ekoputri et al., 2023).

Proses koagulasi merupakan proses dasar pengolahan air untuk menghilangkan partikel-partikel koloid dan padatan tersuspensi. Terdapat pengadukan cepat (flash mixing) dan pengadukan lambat (slow mixing). Pengadukan cepat bertujuan untuk mempercepat penyebaran bahan kimia

(koagulan) melalui air limbah. Pada pengadukan lambat untuk proses kecepatan penyebaran koagulan lebih lama dibandingkan pada proses flash mixing. Proses ini umumnya melibatkan penggunaan koagulan berupa garam aluminium, seperti aluminium sulfat dan poly aluminium chloride (PAC) (Mursitaningrum et al., 2024).

2.4.5 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan unit yang dirancang untuk menstabilkan fluktuasi debit dan konsentrasi polutan air limbah sebelum memasuki unit pengolahan utama. Fluktuasi karakteristik limbah, baik dari segi kuantitas maupun kualitas, dapat menyebabkan gangguan serius pada kinerja unit pengolahan biologis maupun fisika-kimia. Oleh karena itu, bak ekualisasi berfungsi untuk menyeragamkan (menghomogenkan) aliran limbah sehingga beban yang diterima unit berikutnya lebih konstan dan terkendali (Metcalf & Eddy, 2014).

Selain menyeimbangkan debit dan konsentrasi, bak ekualisasi juga berperan dalam mengurangi efek *shock loading* yang dapat menurunkan efisiensi proses pengolahan. Dalam praktiknya, bak ekualisasi sering dilengkapi dengan sistem pengadukan atau aerasi ringan untuk mencegah pengendapan padatan dan kondisi anaerob. Dengan adanya unit ini, stabilitas operasional IPAL meningkat dan kinerja pengolahan secara keseluruhan menjadi lebih optimal (Henze et al., 2008).

Bak ekualisasi digunakan sebagai unit penyeimbang agar debit dan kualitas limbah yang akan menuju ke unit selanjutnya harus dalam keadaan konstan. Bak ekualisasi sebagai penampungan sementara air limbah pada periode waktu tertentu dan mengalirkan air dari bangunan ke bangunan pengolah limbah lainnya. Bak penampung dimanfaatkan apabila terdapat perbaikan unit atau pembersihan unit yang mengharuskan proses pengolahan limbah dihentikan.



Gambar 2. 8 Bak Ekualisasi Air Limbah

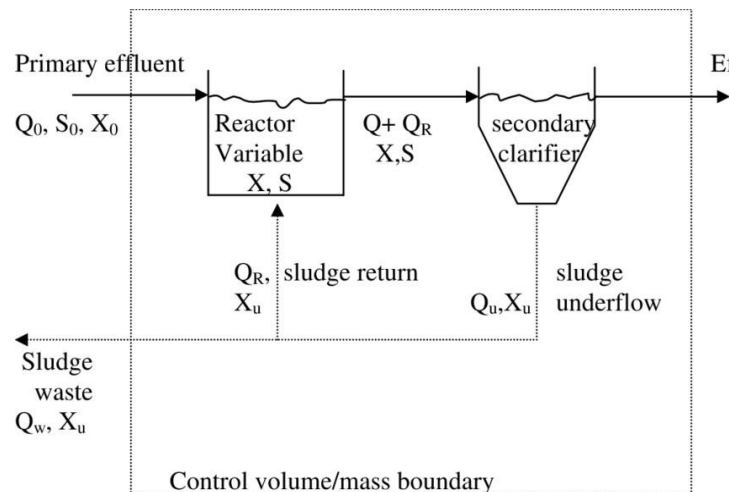
Sumber: <https://lordbroken.wordpress.com/2019/10/08/pengolahan-limbah-cair-industri/>

2.4.6 Activated Sludge

Activated Sludge (lumpur aktif) adalah pengolahan air limbah dengan menggunakan bakteri aerobik dalam tangki aerasi. Energi yang digunakan bakteri berasal dari oksidasi senyawa organik dan organik karbon. Organik karbon yang digunakan adalah BOD dan COD yang kemudian disebut dengan substrat. Bahan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme menjadi karbon dioksida, amonia dan pembentukan sel baru dan hasil lain berupa lumpur.

Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang 25 mengoksidasi material organik menjadi CO_2 dan H_2O , NH_4 dan sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk *flok* yang akan mengendap di tangki penjernihan.

Metode pengolahan lumpur aktif (*Activated sludge*) merupakan proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan proses mikroorganisme tersebut. Dengan menerapkan sistem ini didapatkan air bersih yang tidak lagi mengandung senyawa organik beracun dan bakteri yang berbahaya bagi kesehatan.



Gambar 2. 9 Proses pada Activated Sludge

Sumber: <https://watermanaustralia.com/activated-sludge-process-for-wastewater-treatment-technologies/>

Pengaturan jumlah massa mikroba dalam sistem lumpur aktif dapat dilakukan dengan baik dan relatif mudah karena pertumbuhan mikroba dalam kondisi tersuspensi sehingga dapat terukur dengan baik melalui analisa laboratorium. Tetapi jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya operasi sistem ini jauh lebih rumit. Khususnya untuk limbah industri dengan karakteristik tertentu.

Tujuan dari proses pengolahan menggunakan unit *activated sludge* yaitu untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil di mana bahan organik yang lebih terlarut dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO_2 dan H_2O , sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi. Adapun jenis-jenis proses di dalam *activated sludge*, yaitu :

1. Konvensional

Pada sistem konvensional terdiri dari tangki aerasi, *secondary clarifier* dan *recycle sludge*. Selama berlangsungnya proses terjadi *absorpsi*, *flokulasi* dan oksidasi bahan organik.

2. Non konvensional

- Step aerasi:

- Merupakan tipe *plug flow* dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju *outlet*.
- Inlet air buangan masuk melalui 3 - 4 titik di tangki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen dititik yang paling awal. Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek

Adapun parameter penting untuk *design activated sludge* adalah:

- F / M ratio.

Merupakan perbandingan antara substrat (*food*) terhadap mikroorganisme (M) atau lebih tepatnya adalah perbandingan antara substrat (BOD) yang masuk ke tangki aerasi per satuan waktu dengan massa mikroorganisme di tangki aerasi.

- *Rasio resirkular* (R).

Merupakan perbandingan antara debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi terhadap debit air yang diolah. Harga R tergantung pada jenis *activated sludge* yang digunakan.

- Konsentrasi BOD yang masuk ke tangki aerasi (C_0).

- Waktu detensi (td).

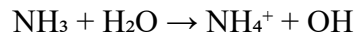
Td adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi

- Volume bak aerasi (V).

2.4.6.1 Senyawa Amoniak Di Dalam Air

Amoniak merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah yang disebut dengan ammonium. Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja serta penguraian zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri ataupun limbah domestik. Adanya amoniak tergantung pada beberapa faktor yaitu sumber asalnya amoniak, tanaman air yang menyerap amoniak sebagai nutrien, konsentrasi oksigen, dan temperatur. Senyawa amoniak dapat ditemukan dimana-mana, dari kadar beberapa mg/l pada air permukaan dan air tanah hingga mencapai 30 mg/l lebih pada air buangan. Kadar amoniak yang tinggi pada air sungai menunjukkan adanya pencemaran. Rasa

amoniak kurang enak sehingga kadar amoniak harus rendah. Pada air minum kadarnya harus nol dan pada air sungai harus di bawah 1 mg/l (syarat mutu air sungai di Indonesia). Amoniak dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan perairan. Konsentrasi tersebut tergantung dari pH dan temperatur yang mempengaruhi air. Nitrogen amonia berada dalam air sebagai amonium berdasarkan reaksi kesetimbangan sebagai berikut :



Kadar amoniak bebas dalam air meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan temperatur. Kehidupan air terpengaruh oleh amoniak pada konsentrasi 1 mg/l dan dapat menyebabkan mati lemas karena dapat mengurangi kapasitas oksigen dalam air. Senyawa amoniak dapat mengurangi efektivitas klorin yang biasanya digunakan sebagai tahap akhir dalam pengolahan air untuk menghilangkan bahan organik yang tersisa serta untuk proses desinfeksi. Asam hipoklorid dapat bereaksi dengan amoniak membentuk khloramin, di mana kurang efektif sebagai desinfektan sehingga amoniak dapat dikatakan memakai "kebutuhan klorin" pada proses klorinasi (Benefeld & Randall, 1980). Di dalam air limbah, senyawa amoniak ini dapat diolah secara mikrobiologis dengan cara aerasi melalui proses nitrifikasi hingga menjadi nitrit dan nitrat. Kadar amoniak bebas dalam air meningkat sejalan dengan meningkatnya pH.

2.4.6.2 Reaksi Kimia Total Ammonia Nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$)

1. Nitrifikasi

Proses nitrifikasi menurut Grady & Lim (1980) didefinisikan sebagai konversi nitrogen ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) menjadi nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) yang kemudian menjadi nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) yang dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik. Proses nitrifikasi ini dapat dilihat dalam dua tahap yaitu :

- Tahap nitritasi, yaitu tahap oksidasi ion ammonium (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^-) yang dilaksanakan oleh bakteri nitrosomonas menurut reaksi berikut :



- Tahap nitratasi, merupakan tahap oksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat

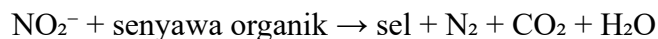
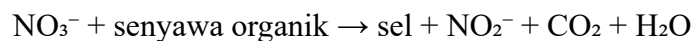
(NO_3^-) yang dilaksanakan oleh bakteri *nitrobacter* menurut reaksi berikut :



Kedua reaksi di atas disebut dengan reaksi eksotermik (reaksi yang menghasilkan energi). Jika kedua jenis bakteri tersebut ada, baik di tanah maupun di perairan, maka konsentrasi nitrit akan menjadi berkurang karena nitrit dibentuk oleh bakteri *nitrosomonas* yang akan dioksidasi oleh bakteri *nitrobacter* menjadi nitrat. Kedua bakteri ini dikenal sebagai bakteri autotropik yaitu bakteri yang dapat mensuplai karbon dan nitrogen dari bahan-bahan anorganik dengan sendirinya. Bakteri ini menggunakan energi dari proses nitrifikasi untuk membentuk sel sintesa yang baru. Sedangkan bakteri heterotropik merupakan bakteri yang membutuhkan bahan-bahan organik untuk membangun protoplasma. Walaupun bakteri nitrifikasi autotropik keberadaannya di alam lebih banyak, proses nitrifikasi dapat juga dilakukan oleh bakteri jenis heterotropik (*Arthobacter*) dan jamur (*Aspergillus*) (Verstraete, 1972).

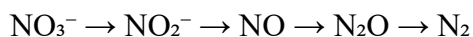
2. Denitrifikasi

Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat dan nitrit dimana nitrat digunakan sebagai terminal hydrogen pada saat potensial oksigen rendah dalam limbah. Produk akhir yang dihasilkan dari penguraian nitrat dan nitrit tersebut adalah gas nitrogen (N_2) atau nitrogen oksida (N_2O). kedua gas tersebut bersifat inert dan dapat menguap di udara. Bakteri heterotrofik fakultatif yang mampu menggunakan nitrat atau nitrit antara lain adalah *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Denitro-bacillis*, *Spirillum*, *Vacilles*, dan *Achromobacter*. Reaksi penguraian nitrat dan nitrit tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 1991) :



Denitrifikasi merupakan langkah kedua dalam penyisihan nitrogen setelah proses nitrifikasi. Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses

denitrifikasi antara lain konsentrasi bahan organik, konsentrasi oksigen terlarut, suhu, pH dan waktu retensi. Penyisihan nitrogen dari bentuk nitrat dikonversi menjadi gas nitrogen pada kondisi anoksik (tanpa oksigen). Reaksi penyisihan nitrat adalah sebagai berikut :

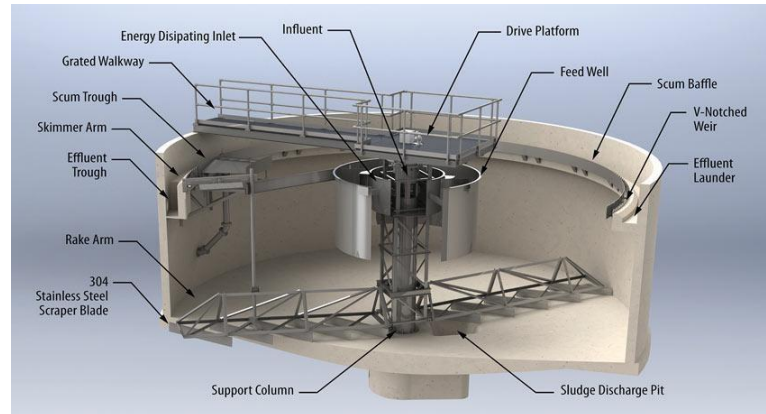


Pada proses denitrifikasi dibutuhkan organik sebagai sumber karbon, selain itu juga dibutuhkan ion sulfat, fosfat, klorida, natrium, kalium, magnesium, kalsium, dan beberapa unsur mikro untuk membantu aktivitas enzim. Denitrifikasi adalah proses yang akan terjadi bila konsentrasi oksigen terlarutnya adalah nol.

2.4.7 Clarifier

Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat *scraper blade* yang berjumlah sepasang yang berbentuk *vee* (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga *sludge* terkumpul pada masing – masing *vee* dan dihilangkan melalui pipa di bawah sepasang blades. Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur yang terdapat di tengah bagian bawah *clarifier*. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi. Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1 – 2 jam. Kedalaman *clarifier* rata – rata 10 – 15 *feet* (3 – 4,6 meter). *Clarifier* yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (*sludge blanket*) yang kurang dari 2 *feet* (0,6 meter). Pada tahap ini, air yang telah melewati pengolahan pada pengolahan sebelumnya akan mengalami proses tahap selanjutnya yang merupakan pengendapan lanjut sehingga menurunkan padatan tersuspensi. Air yang tertampung di *secondary clarifier* ini sudah memenuhi baku mutu air limbah sehingga dapat dibuang langsung ke saluran air kotor atau diolah dan dimanfaatkan. Air yang telah diolah dan ditampung di *secondary clarifier* dapat dimanfaatkan lebih lanjut misal untuk menyiram tanaman, dll.

Pada *secondary clarifier* ini tergantung pada kedalaman tangki, bedanya dengan *preliminary clarifier* yang tergantung pada kecepatan pengendapan. Namun masalahnya pada *secondary clarifier* adalah waktu detensi (waktu proses pengendapan), jika terlalu lama dikhawatirkan *flok* yang sudah terbentuk akan pecah lagi.



Gambar 2. 10 Clarifier

Sumber : <https://www.monroenvironmental.com/water-and-wastewater-treatment/circular-clarifiers-and-thickeners/primary-clarifiers/>

2.4.8 Bak Kontrol

Bak kontrol merupakan unit yang terletak pada bagian akhir sistem IPAL dan berfungsi sebagai titik pengendalian serta pemantauan kualitas *effluent* sebelum dibuang ke badan air atau saluran penerima. Unit ini berperan sebagai lokasi pengambilan sampel air limbah hasil olahan akhir untuk memastikan bahwa parameter kualitas *effluent* telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Keberadaan bak kontrol sangat penting dalam kegiatan monitoring dan evaluasi kinerja IPAL secara rutin (APHA, 2017).

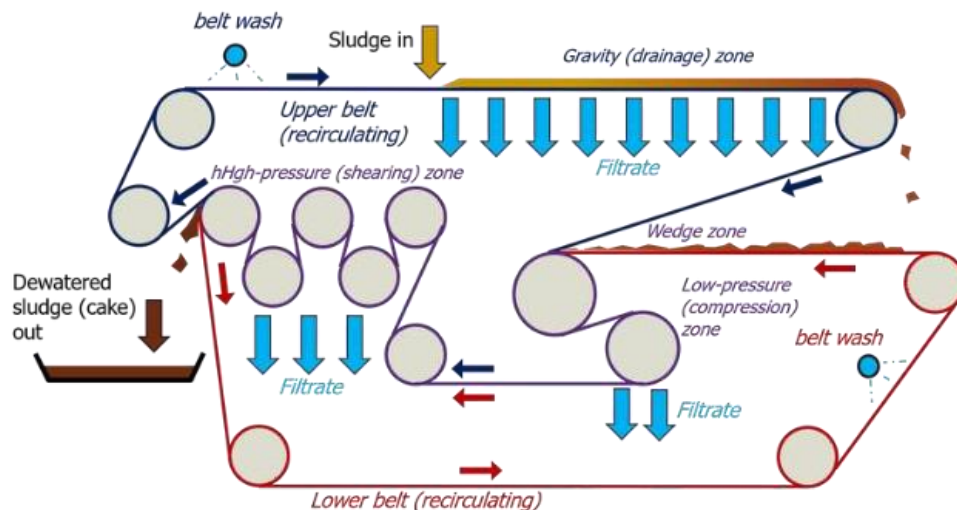
Selain sebagai titik sampling, bak kontrol juga berfungsi sebagai penampung sementara *effluent* untuk memberikan waktu pengamatan visual terhadap kondisi air limbah, seperti kejernihan, bau, atau keberadaan busa. Dalam beberapa sistem, bak kontrol dapat dikombinasikan dengan bak bioindikator untuk mengevaluasi keamanan *effluent* terhadap organisme akuatik. Dengan demikian,

bak kontrol menjadi elemen penting dalam menjamin kepatuhan lingkungan dan keberlanjutan operasional IPAL (Metcalf & Eddy, 2014).

2.4.9 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.



Gambar 2. 11 Belt Filter Press

Sumber: https://www.researchgate.net/figure/belt-filterOperation-problems-of-belt-filtersSludge-flocculation-plays-a-major-role_fig1_322101659

2.4.10 Bak Penampung Supernatan

Bak penampung supernatan hasil dewatering merupakan unit yang berfungsi untuk menampung cairan sisa yang dihasilkan dari proses pemisahan padatan dan air pada unit pengolahan lumpur, seperti *belt filter press*, *filter press*, atau *centrifuge*. Supernatan yang dihasilkan umumnya masih mengandung konsentrasi bahan organik terlarut, nutrisi (terutama nitrogen dan fosfor), serta padatan tersuspensi halus, sehingga tidak diperkenankan untuk langsung dibuang ke badan air. Oleh karena itu, bak ini berperan sebagai wadah penampungan sementara sebelum supernatan dialirkan kembali ke unit pengolahan awal IPAL untuk diproses lebih lanjut (Metcalf & Eddy, 2014).

Selain sebagai unit penampung, bak penampung supernatan juga berfungsi sebagai pengendali beban balik (*recycle load*) terhadap sistem IPAL. Aliran supernatan dari proses dewatering seringkali bersifat fluktuatif baik dari segi debit maupun kualitas, sehingga berpotensi menimbulkan *shock loading* apabila langsung dikembalikan ke unit biologis. Dengan adanya bak penampung supernatan, aliran dapat diatur secara bertahap dan terkontrol, sehingga tidak mengganggu kestabilan proses pengolahan utama. Unit ini juga membantu

meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem pengolahan lumpur dan air limbah dengan mengintegrasikan pengelolaan fase cair dan padat secara lebih baik (Henze et al., 2008).

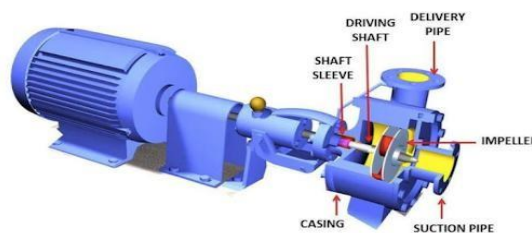
2.5 Aksesoris Perancangan Bangunan

2.5.1 Pompa

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

1. *Sentrifugal Pump*

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



Gambar 2. 12 *Sentrifugal Pump*

Sumber: <https://www.bengkelsejati.co.id/blog/perawatan-pompa-sentrifugal>

2. *Rotary Pump*

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



Gambar 2. 13 *Rotary Pump*

Sumber: <https://alkenza.com/blog/what-is-a-rotary-gear-pump/>

3. *Gear Pump*

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

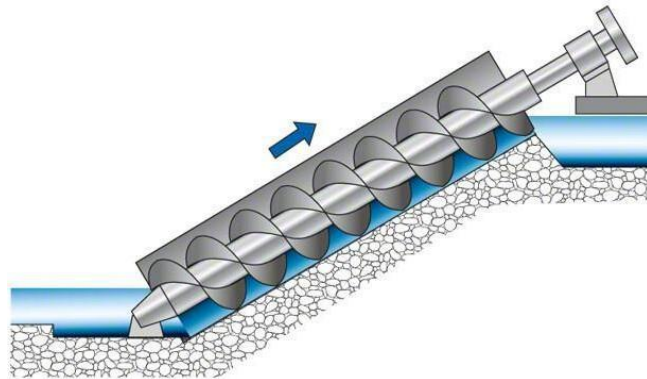


Gambar 2. 14 *Gear Pump*

Sumber: <https://news.indotrading.com/perbandingan-gear-pump-dengan-jenis-pompa-lain/>

4. *Screw Pump*

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



Gambar 2. 15 *Screw Pump*

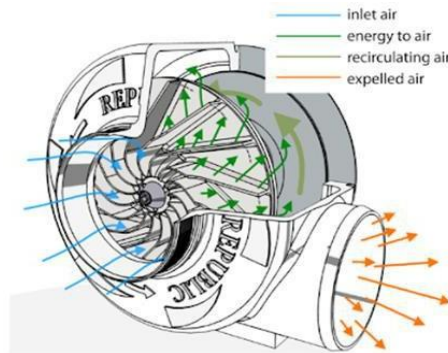
Sumber : <https://news.indotrading.com/perbandingan-gear-pump-dengan-jenis-pompa-lain/>

2.5.2 Blower

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

1. *Blower Sentrifugal*

Blower Sentrifugal merupakan blower dengan memiliki impeller yang dapat berputar hingga 15.000 rpm. Blower sentrifugal dapat beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm².



Gambar 2. 16 *Blower Sentrifugal*

Sumber: <https://www.ariantodarmawan.com/blower-sentrifugal>

2. *Blower Positive Displacement*

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



Gambar 2. 17 *Blower Positive Displacemen*

Sumber :

2.5.3 Diffuser

Diffuser adalah perangkat yang digunakan untuk menyebarkan fluida, seperti udara atau gas, secara merata ke dalam suatu medium atau ruang. Dalam aplikasi pengolahan air limbah, diffuser berfungsi untuk mendistribusikan udara atau oksigen ke dalam air, mendukung proses aerasi, dan membantu mikroorganisme

mengurai bahan organik. Di sistem ventilasi atau HVAC, diffuser menyebarkan udara yang keluar dari saluran agar aliran udara merata dan nyaman, mengurangi kecepatan udara dan meminimalkan kebisingan. Secara umum, diffuser meningkatkan efisiensi proses dan kinerja sistem dengan distribusi fluida yang lebih seragam. berikut merupakan spesifikasi dari *Fine bubble disc diffuser* merek Holly Tech.

Model	HLBQ-170	HLBQ-215	HLBQ-270	HLBQ-350	HLBQ-650
Bubble Type	Coarse Bubble	Fine Bubble	Fine Bubble	Fine Bubble	Fine Bubble
Image					
Size	6 inch	8 inch	9 inch	12 inch	675*215mm
MOC	EPDM/Silicone/PTFE – ABS/Strengthened PP-GF				
Connector	3/4"NPT male thread				
Membrane Thickness	2mm	2mm	2mm	2mm	2mm
Bubble Size	4-5mm	1-2mm	1-2mm	1-2mm	1-2mm
Design Flow	1-5m ³ /h	1.5-2.5m ³ /h	3-4m ³ /h	5-6m ³ /h	6-14m ³ /h
Flow Range	6-9m ³ /h	1-6m ³ /h	1-8m ³ /h	1-12m ³ /h	1-16m ³ /h
SOTE	≥10%	≥38%	≥38%	≥38%	≥40%
	(6m submerged)	(6m submerged)	(6m submerged)	(6m submerged)	(6m submerged)
SOTR	≥0.21kg O ₂ /h	≥0.31kg O ₂ /h	≥0.45kg O ₂ /h	≥0.75kg O ₂ /h	≥0.99kg O ₂ /h
SAE	≥7.5kg O ₂ /kw.h	≥8.9kg O ₂ /kw.h	≥8.9kg O ₂ /kw.h	≥8.9kg O ₂ /kw.h	≥9.2kg O ₂ /kw.h
Headloss	2000-3000Pa	1500-4300Pa	1500-4300Pa	1500-4300Pa	2000-3500Pa
Service Area	0.5-0.8m ² /pcs	0.2-0.64m ² /pcs	0.25-1.0m ² /pcs	0.4-1.5m ² /pcs	0.5-0.25m ² /pcs
Service Life	> 5 years				

Gambar 2. 18 Spesifikasi *Fine bubble disc diffuser* merek Holly Tech.

Sumber: <https://www.hollyep.com/high-quality-ceramic-micro-bubble-diffuser-epdm-membrane-fine-bubble-disc-diffuser-holly-product/>

2.5.4 Pipa

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

1. Pipa PVC

Pipa PVC (*Polyvinyl Chloride*) adalah pipa berbahan polivinil klorida yang ringan, tahan lama, dan termoplastik. Pipa ini banyak digunakan untuk sistem air bersih, limbah, irigasi, dan ventilasi. Keunggulannya meliputi bobot ringan, mudah dipasang, tahan korosi, serta memiliki isolasi termal dan listrik yang baik, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi konstruksi dan pemeliharaan. Adapun macam ukuran dari pipa PVC yaitu sebagai berikut.

PIPA PVC RUCIKA STANDARD UNTUK APLIKASI AIR BERSIH & AIR LIMBAH							
PRODUK	DN		OD (mm)	4 M / BATANG		5,8 M / BATANG*	
	mm	inch		AW**	D***	AW**	D***
 RUCIKA Standard	16	½"	22	Rp. 31.500,-	*	Rp. 46.700,-	*
	20	¾"	26	Rp. 42.700,-	*	Rp. 64.000,-	*
	25	1"	32	Rp. 58.400,-	*	Rp. 87.100,-	*
	35	1½"	42	Rp. 87.200,-	Rp. 54.800,-	Rp. 130.900,-	Rp. 82.500,-
	40	1½"	48	Rp. 100.200,-	Rp. 61.900,-	Rp. 150.100,-	Rp. 92.500,-
	50	2"	60	Rp. 128.100,-	Rp. 79.400,-	Rp. 191.600,-	Rp. 118.800,-
	65	2½"	76	Rp. 186.700,-	Rp. 107.200,-	Rp. 279.700,-	Rp. 160.600,-
	75	3"	89	Rp. 262.900,-	Rp. 142.300,-	Rp. 394.100,-	Rp. 213.000,-
	100	4"	114	Rp. 435.600,-	Rp. 223.800,-	Rp. 652.900,-	Rp. 335.300,-
	125	5"	140	Rp. 689.900,-	Rp. 344.500,-	Rp. 1.034.800,-	Rp. 516.200,-
	150	6"	165	Rp. 967.600,-	Rp. 454.300,-	Rp. 1.451.400,-	Rp. 680.900,-
	200	8"	216	Rp. 1.623.500,-	Rp. 798.800,-	Rp. 2.435.300,-	Rp. 1.197.700,-
	250	10"	267	Rp. 2.510.200,-	Rp. 1.315.700,-	Rp. 3.765.200,-	Rp. 1.973.200,-
	300	12"	318	Rp. 3.539.300,-	Rp. 1.846.700,-	Rp. 5.308.800,-	Rp. 2.770.000,-

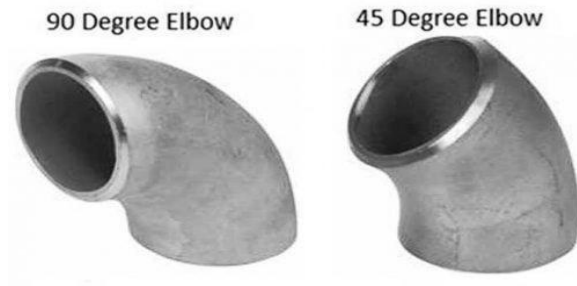
PIPA PVC RUCIKA JIS K-6741 / K-6742 UNTUK APLIKASI AIR BERSIH & AIR LIMBAH							
PRODUK	DN		OD (mm)	4 M / BATANG		5,8 M / BATANG*	
	mm	inch		VP**	VU***	VP**	VU***
 RUCIKA JIS	16	½"	22	Rp. 57.000,-	*	Rp. 81.900,-	*
	20	¾"	26	Rp. 68.200,-	*	Rp. 99.000,-	*
	25	1"	32	Rp. 99.000,-	*	Rp. 143.100,-	*
	35	1½"	42	Rp. 133.600,-	*	Rp. 192.900,-	*
	40	1½"	48	Rp. 173.500,-	Rp. 91.000,-	Rp. 251.300,-	Rp. 131.600,-
	50	2"	60	Rp. 246.300,-	Rp. 114.800,-	Rp. 356.900,-	Rp. 165.900,-
	65	2½"	76	Rp. 316.800,-	Rp. 181.500,-	Rp. 459.200,-	Rp. 262.800,-
	75	3"	89	Rp. 504.600,-	Rp. 265.200,-	Rp. 731.000,-	Rp. 384.700,-
	100	4"	114	Rp. 779.700,-	Rp. 398.000,-	Rp. 1.130.200,-	Rp. 576.900,-
	125	5"	140	Rp. 976.000,-	Rp. 599.200,-	Rp. 1.415.000,-	Rp. 868.800,-
	150	6"	165	Rp. 1.465.100,-	Rp. 861.400,-	Rp. 2.124.500,-	Rp. 1.249.100,-
	200	8"	216	Rp. 2.215.900,-	Rp. 1.437.100,-	Rp. 3.212.400,-	Rp. 2.083.700,-
	250	10"	267	Rp. 3.376.100,-	Rp. 2.128.200,-	Rp. 4.894.600,-	*
	300	12"	318	Rp. 4.789.100,-	Rp. 2.988.100,-	Rp. 6.943.600,-	*

Gambar 2. 19 Diameter dan harga pipa PVC merek Rucika

Sumber: <https://www.rucika.co.id/4-tipe-pipa-pvc-untuk-instalasi-air-kotor/>

2. Elbow

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



Gambar 2. 20 Elbow 90° dan 45°.

Sumber : https://www.indiamart.com/proddetail/aisi-4130-seamless-buttwelding-45-degree-and-90-degree-elbows-21631237397.html?srltid=AfmBOooTyJ-I3xWsImiX1_QBF5u1m2giUCuE586EcSEoRSyiu3wr1kwa

3. Tee

Tee merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk membagi aliran lurus menjadi dua arah, ke kanan dan kiri. Seperti namanya aksesoris tee berbentuk seperti huruf “T” , namun ada beberapa kasus Tee berbentuk seperti huruf “Y”, banyak orang menyebutnya Y-Branch.



(a)



(b)

Gambar 2. 21 (a) Tee bentuk (b) Y branch

Sumber: <https://pipapedia.com/pipa-pvc/perbedaan-antara-tee-y-90-derajat-dan-tee-y-45-derajat/>

2.6 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 buangan yang telah direncanakan. Berikut merupakan rangkuman kemampuan penyisihan dari unit pengolahan air limbah :

Tabel 2. 5 Persen Removal

Unit Pengolahan	Fungsi / Meremoval	% Removal	Sumber
<i>Dissolved Air Flotation (DAF)</i>	Meremoval TSS dan Minyak Lemak	Meremoval TSS = sampai dengan 97% Meremoval Minyak dan Lemak = sampai dengan 97%	<i>(Cheremisinoff, N. P. (2002). HANDBOOK OF WATER AND WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES Nicholas. Page 317)</i>
Activated Sludge	Meremoval BOD, COD, dan Amonia Nitrogen	Meremoval BOD sebesar 80-90%, Amonia Nitrogen sebesar 33-99%, COD sebesar 50-90%	<i>(Cavaseno, V. (1987). Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering. Page 15.)</i>
Clarifier	Meremoval TSS	Meremoval TSS sebesar 60-80%	<i>(Huisman, L. (1977). Sedimentation and</i>

Unit Pengolahan	Fungsi / Meremoval	% Removal	Sumber
			<i>Flotation Mechanical Filtration. Page 12)</i>

(Sumber : Hasil Analisis, 2025)

2.7 Profil Hidrolis

Profil hidrolis disajikan secara grafis “*hidrolik grade line*” dalam instalasi pengolahan untuk menyatakan elevasi unit pengolahan (*influen - effluen*) dan perpipaan. Hal ini dilakukan untuk memastikan aliran air dapat mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk menghindari terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut :

A. 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:

- Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- Kehilangan tekanan pada bak
- Kehilangan tekanan pada pintu
- Kehilangan tekanan pada *weir*, sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus.

B. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut :

- Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William” Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram.

- Kehilangan tekanan pada aksesoris

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

- Kehilangan tekanan pada pompa
Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

C. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga 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. Menambahkan kehilangan tekanan antara bangunan kedua dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada bangunan kedua.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum bangunan kedua demikian seterusnya hingga bangunan terakhir.

2.8 BOQ dan RAB

2.8.1 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.

2.8.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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 perencana, misalnya pembangunan rumah tinggal. Kontraktor selalu melakukan perhitungan RAB untuk diajukan kepada owner. Sementara kasus yang sedikit berbeda, jika kontraktor ingin *nge-sub* 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 perencana tidak berlaku. Dengan kata lain BOQ tersebut menjadi rahasia oleh *maincont*, yang tidak perlu diketahui oleh *subcont*.