

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Susu

Berdasarkan PermenLHK No.5 Tahun 2014, terdapat 5 (lima) parameter utama limbah industri susu yang perlu diolah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan, diantaranya adalah BOD, COD, TSS, Amoniak, Minyak dan Lemak, serta pH air limbah. Pada baku mutu tersebut harus diolah sesuai dengan baku mutu menggunakan unit yang telah direncanakan. Berikut penjelasan terkait karakteristik limbah cair industri susu antara lain:

2.1.1 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme, terutama bakteri, guna menguraikan atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Metcalf & Eddy, 2004). Pengukuran BOD merupakan analisis empiris yang berfungsi memperkirakan proses mikrobiologis yang terjadi secara nyata di dalam air. Nilai BOD menunjukkan besarnya oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk mengoksidasi hampir seluruh senyawa organik yang terlarut maupun sebagian yang tersuspensi di dalam air (Alaerth dan Santika, 1987).

BOD₅ adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram per 5 liter (mg/L) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. Untuk itu semua diperlukan waktu 100 hari pada suhu 28 ° C. Akan tetapi di laboratorium dipergunakan waktu 5 hari sehingga dikenal sebagai BOD₅ (Sugiharto, 1987).

2.1.2 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD atau *Chemical Oxygen Demand* merupakan parameter yang menyatakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air melalui reaksi kimia (Metcalf & Eddy, 2004). Dengan

demikian, nilai COD menggambarkan konsentrasi senyawa organik yang dapat dioksidasi secara kimiawi. COD juga menjadi indikator besarnya beban pencemar organik dalam air, karena senyawa-senyawa tersebut pada kondisi alami akan teroksidasi melalui proses mikrobiologis dan dapat menurunkan kadar oksigen terlarut di perairan (Alaerth dan Santika, 1987).

Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD ultimate meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada sampel, zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD, nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat. (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018). Kandungan COD yang ditetapkan oleh PermenLH No.5 Tahun 2014 untuk effluent adalah sebesar 300 mg/L, sedangkan kandungan COD yang dibuang ke badan air maksimal sebesar 100 mg/L.

2.1.3 *Total Suspended Solids (TSS)*

Total padatan dalam limbah cair terdiri atas beberapa jenis, yaitu padatan terendap, padatan tersuspensi, dan padatan terlarut. Padatan terendap merupakan material yang dapat mengendap ke dasar dalam waktu satu jam dan menjadi indikator jumlah padatan yang akan turun pada proses penjernihan maupun pengendapan. Sementara itu, padatan tersuspensi (TSS) memiliki sifat sulit mengendap karena dipengaruhi oleh muatan elektrostatik serta gerakan Brown, sehingga partikel-partikel tersebut cenderung tetap stabil berada dalam air. Keberadaan TSS sangat berkaitan dengan tingkat kekeruhan, karena kekeruhan mencerminkan sifat optik air yang dipengaruhi oleh banyaknya cahaya yang diserap dan dipantulkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalamnya (Metcalf & Eddy, 2004).

Padatan tersuspensi yang terdapat pada parameter TSS merupakan senyawa bentuk padat yang berada dalam kondisi tersuspensi dalam air. Padatan

tersebut kemungkinan berasal mineral-mineral misalnya pasir yang sangat halus, silt, lempung, atau berasal dari zat organik asam sulfat yang merupakan hasil penguraian jasad tumbuh-tumbuhan atau binatang yang telah mati. Di samping itu, padatan tersuspensi ini dapat berasal dari mikroorganisme misalnya plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. Semua elemen-elemen tersebut umumnya menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (Nusa, 2017).

2.1.4 Minyak dan Lemak

Lemak dan minyak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak didapatkan di dalam air limbah. Lemak dan minyak membentuk ester dan alkohol atau gliserol dengan asam lemak. Gliserid dari asam lemak ini berupa cairan pada keadaan biasa dikenal sebagai minyak dan apabila dalam bentuk padat dan kental sebagai lemak. Lemak tergolong pada benda organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri.

Sebagai petunjuk dalam mengelola air limbah, maka efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan. Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada dipermukaan air, dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan, sehingga membentuk selimut. Kadar lemak sebesar 10 mg/L merupakan batas yang bisa ditolerir apabila lemak ini berada di dalam air limbah industri susu (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014).

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* ($Al_2(SO_4)_3$) (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008).

2.1.5 pH (Tingkat Keasaman)

pH atau derajat keasaman digunakan sebagai salah satu ukuran tingkat asam atau basa suatu larutan. Adapun kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah dalam netral. Semakin kecil nilai pHnya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Metcalf & Eddy, 2004).

pH netral yang diizinkan dalam baku mutu baik Permen LH No.5 Tahun 2014 maupun oleh Keputusan Gubernur Jawa Barat No.6 Tahun 2013 yaitu sebesar 6 sampai 9. Umumnya pada air limbah industri susu, pH berkisar antara 4 hingga 5 yang berarti limbah cair industri susu bersifat asam dan diperlukan pengolahan berupa netralisasi pH maupun pengolahan lainnya yang sesuai.

2.1.6 Amonia (NH₃-N)

Kandungan amonia dalam air dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan organisme dalam perairan. Secara ilmiah, keberadaan amonia dalam air berupa amonia terlarut (NH₃) dan *ion ammonium* (NH₄⁺). Ammonia bebas (NH₃) 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).

2.2 Bangunan Pengolahan Limbah Susu

Secara umum bentuk kontrol polusi air yang telah dilakukan adalah dengan cara mengalirkan limbah ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Setelah air limbah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan baru dibuang ke badan air atau sungai. Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi kadar parameter yang telah melebihi baku mutu seperti BOD, COD, TSS, Amoniak dan pH. Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar

kadar pencemar yang ada tersebut dapat dikurangi. Proses pengolahan yang digunakan untuk mengolah limbah tersebut terdiri dari:

- a. Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)
- b. Pengolahan pertama (*Primary-Treatment*)
- c. Pengolahan kedua (*Secondary-Treatment*)
- d. Pengolahan lumpur (*Sludge-Treatment*)

2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Proses pengolahan awal ini merupakan proses pada awal pengolahan secara fisik yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung yang berukuran besar atau sedang dari pasir agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Adapun tujuan pengolahan ini menyortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak. Selain itu pre-treatment juga berfungsi untuk memindahkan atau menyalurkan air limbah dari unit operasi produk industri yang menghasilkan limbah ke bangunan pengolahan air limbahnya. Unit pengolahan air limbah secara umum dalam pengolahan pendahuluan (*pre treatment*) diantaranya adalah *intake*/saluran pembawa & *screening*, bak penampung, dan *Dissolved Air Flotation* (DAF).

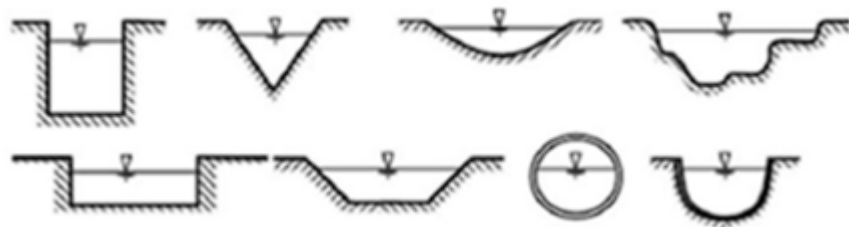
2.3.1 Saluran Pembawa

Saluran Pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Saluran pembawa memiliki 2 bentuk yaitu persegi dan lingkaran. Saluran pembawa yang berbentuk persegi maupun lingkaran ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton maupun pipa penyaluran keduanya dapat didesain secara tertutup maupun terbuka pada proses penyaluran air limbah (Hermana et al., n.d.). Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi 10 antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Umumnya setiap 10 meter saluran pembawa terdapat bak kontrol yang akan mengontrol debit yang dikeluarkan. Air tidak akan mengalir jika saluran tersebut datar, maka dibutuhkan kemiringan (*slope*) (Nasoetion et al., 2017).

Saluran pembawa dibagi 2, yaitu saluran terbuka (*open channel flow*) dan saluran tertutup (*pipe flow*). 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. 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 seperti halnya saluran terbuka.



Gambar 2.1 Saluran Tertutup dan Terbuka



Gambar 2.2 Macam Bentuk Saluran Terbuka

2.3.2 Penyaringan (*screening*)

Penyaringan merupakan unit operasi pertama dalam pengolahan air limbah. Fungsi penyaringan ini adalah untuk menghilangkan zat padat yang kasar. Pada umumnya proses tersebut dengan jalan melewati air limbah melalui saringan kasar untuk menghilangkan benda-benda yang besar. Peran utama *screening* adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu:

merusak peralatan unit pengolahan berikutnya, mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan, mencemari saluran air. Bagian-bagian dari screening terdiri dari batang-batang yang dipasang secara paralel yang biasa disebut sebagai “*bar rack*” atau screen kasar yang digunakan untuk meremoval bahan-bahan yang kasar. Adapun jenis dari bar screen adalah *fine screen* (saringan halus) dan *coarse screen* (saringan kasar). Sedangkan menurut mekanisme operasinya terdapat 2 jenis bar screen yaitu dengan pembersihan manual dan mekanik (Reynolds & Richards, 1996).

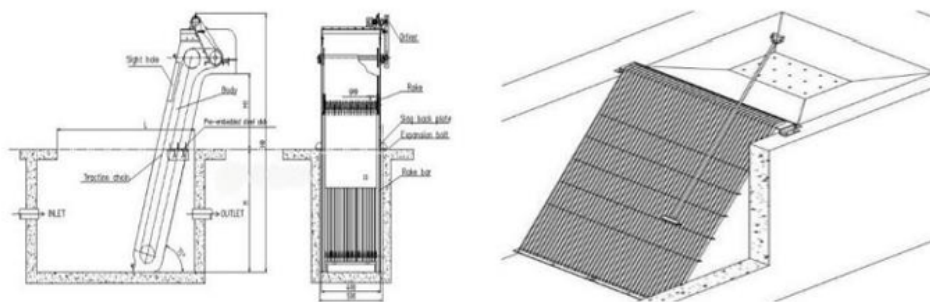
Screening adalah tahap awal yang krusial dalam pengolahan air limbah. Tujuan utama dari Screening adalah untuk memisahkan berbagai benda padat yang dapat ditemukan dalam air limbah, seperti kertas, plastik, kayu, kain, dan material padat lainnya. Ketidakterdapatannya pemisahan benda-benda tersebut sebelum air limbah masuk ke sistem pengolahan dapat mengakibatkan kerusakan serius pada peralatan, termasuk sistem pemompaan dan unit pemisah lumpur, serta perpipaan. Kerusakan ini tidak hanya mengganggu efisiensi operasional tetapi juga meningkatkan biaya pemeliharaan peralatan (Said, 2017). Dengan melakukan *screening*, risiko ini dapat diminimalkan sehingga sistem pengolahan dapat beroperasi dengan lebih lancar dan efisien.

Prinsip dasar dari proses *screening* adalah menghilangkan material kasar yang ada dalam aliran air buangan. Material kasar ini berpotensi menyebabkan kerusakan pada alat pengolahan dan mengurangi efektivitas proses pengolahan secara keseluruhan. Selain itu, keberadaan material tersebut dapat menyebabkan kontaminasi aliran air, yang berdampak negatif pada kualitas hasil akhir dari pengolahan air limbah (Metcalf & Eddy, 2003). Screen biasanya terdiri atas batangan yang disusun secara paralel. Screen pada umumnya terbuat dari batangan logam, kawat, jeruji besi, kawat berlubang, bahkan *perforated plate* dengan bukaan yang berbentuk lingkaran atau persegi (Metcalf & Eddy, 2003).

1. *Coarse Screen* (Penyaring Kasar)

Screen ini berbentuk seperti batangan paralel yang biasa dikenal dengan *bar Screen*. Screen ini berfungsi untuk menyaring padatan kasar yang berukuran antara 6-150 mm, seperti ranting kayu, kain, dan sampah-sampah lainnya. Dalam

pengolahan air limbah, Screen ini digunakan untuk melindungi pompa, valve, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan akibat penyumbatan yang disebabkan oleh benda-benda tersebut. Dalam proses pembersihannya, *bar Screen* terbagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik. Pembersihan secara manual dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia sedangkan pembersihan secara mekanik menggunakan mesin (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2.3 Unit Bar Screen Mekanik dan Manual

(Sumber: Metcalf & Eddy et al, 2007)

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain *screen* dengan pembersihan secara manual maupun mekanis baik *coarse screen* maupun *fine screen* adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Parameter	U.S. Costumary 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	1,0-2,0	0,6-0,3	25-50	15-75

batang				
Parameter Lain				
Kemiringan vertikal	30°-45°	0°-30°	30°-45°	0°-30°
Kecepatan	1,2- 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	5-24 in	150 mm	150-600 mm

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4 th edition, 2004 Halaman 315)

2. *Fine Screen* (Penyaring Halus)



Gambar 2.4 *Fine Screen*

Penyaring halus (*Fine Screen*) pada umumnya diaplikasikan dalam berbagai kondisi dalam pengolahan air buangan, di antaranya pada pengolahan awal (diaplikasikan setelah penggunaan *bar Screen*) dan pada pengolahan primer (menggantikan fungsi clarifier guna menurunkan *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada air buangan). *Fine Screen* juga digunakan untuk menghilangkan padatan dari effluent yang dapat menyebabkan penyumbatan pada proses trickling filter. Adapun ukuran padatan yang dapat disisihkan dalam proses penyaring halus (*Fine Screen*) adalah padatan yang berukuran kurang dari 6 mm (Metcalf & Eddy, 2003). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Preliminary Treatment*) adalah seperti ayakan kawat (*static wedge wire*), drum putar (*rotary drum*), atau seperti anak tangga (*step type*). Penyaring halus (*Fine Screen*) pada umumnya

memiliki variasi bukaan yang berkisar antara 0,2-6 mm. Adapun kriteria perencanaan penyaring halus (*Fine Screen*) di antaranya sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kriteria Fine Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan <i>Screen</i>	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
Drum (berputar)	Kasar	0,1 - 0,2	2,5 – 5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel	Pengolahan pendahuluan
Horizontal reciprocating	Sedang	0,06 -0,17	1,6 – 4	Batangan <i>stainless-steel</i>	Gabungan dengan saluran air hujan
Tangential	Halus	0,0475	1200 μm	Jala-jala terbuat dari <i>stainless-steel</i>	Gabungan dengan saluran pembawa

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition)

Tabel 2.3 Persen Removal Saringan Halus

Jenis Screen	Luas Permukaan	Persen Removal		
	In	Mn	TSS (%)	BOD (%)
Fixed parabolic	0.0625	1.6	5-20	5-30
Rotary drum	0.01	0.25	25-50	25-45

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Halaman 316)

3. Micro Screen

Micro Screen berfungsi untuk menyaring padatan halus, zat / material yang mengapung, serta alga yang berukuran kurang dari 0,5 μ m. Jenis padatan

tersuspensi yang dapat tersisihkan dengan menggunakan teknologi *micro screen* berkisar antara 10-80%, dengan rata-rata 50%. Prinsip yang digunakan pada jenis Screen ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang dari arah aliran. Kecepatan aliran harus lebih dari 0.3 m/s sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit dan mengakibatkan microScreen tersumbat. Jarak antar batang biasanya berkisar antara 20-40 mm dengan bentuk penampang batang persegi panjang dengan ukuran 10 mm x 50 mm. Untuk bar Screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horizontal (Metcalf & Eddy, 2003).

Jenis Screen yang digunakan pada perencanaan kali ini adalah coarse Screen dengan jenis pembersihan manual. Pembersihan *bar Screen* juga merupakan langkah penting dalam menjaga efektivitas alat ini, dan dapat dilakukan secara manual atau mekanik. Pembersihan manual lebih umum dilakukan untuk instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan kapasitas kecil, sedangkan pembersihan mekanik sering digunakan di fasilitas dengan skala yang lebih besar. Biasanya, *bar Screen* terdiri dari ruang saringan (*Screen chamber*) yang memiliki struktur inlet dan outlet, serta peralatan saringan itu sendiri. Kriteria perancangan untuk bar Screen penting untuk memastikan efisiensi dalam pemisahan material padat, dan dapat dilihat dalam tabel yang mendeskripsikan parameter desain yang relevan. Melalui penerapan prinsip-prinsip ini, Screening dapat memastikan bahwa air limbah yang masuk ke tahap pengolahan selanjutnya telah bebas dari material yang dapat merusak peralatan dan mengurangi efektivitas proses pengolahan.

2.3.3 Bak Penampung

Bak penampung berfungsi untuk menstabilkan aliran air limbah dengan menampung dan menyamakan variasi laju aliran serta beberapa parameter lainnya. Tujuannya adalah agar air limbah yang masuk ke unit pengolahan berikutnya memiliki karakteristik dan laju aliran yang lebih konstan, sehingga dapat diproses dengan optimal. Waktu detensi maksimum di bak ini adalah 30 menit untuk

mencegah terjadinya pengendapan maupun proses penguraian yang tidak diinginkan. Pada kondisi puncak, permukaan air harus tetap berada di bawah elevasi saluran masuk agar tidak terjadi aliran balik. Setelah melewati bak penampung, debit air limbah yang semula berfluktuasi setiap jam akan berubah menjadi debit rata-rata (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Penggunaan bak penampung memberikan sejumlah manfaat, antara lain meningkatkan kinerja pengolahan biologis karena mampu mengurangi lonjakan beban dan mengencerkan zat penghambat, serta membantu memperbaiki kualitas efluen dan kinerja tangki sedimentasi sekunder melalui pemuatan padatan yang lebih stabil. Selain itu, bak ini juga dapat mengurangi kebutuhan luas unit filtrasi, meningkatkan performa filter, serta memungkinkan siklus *backwash* yang lebih teratur akibat beban hidrolis yang lebih rendah. Pada pengolahan kimia, stabilnya aliran dan karakteristik limbah dapat menekan penggunaan bahan kimia. Namun demikian, bak penampung memiliki beberapa kelemahan, seperti memerlukan area yang cukup luas, berpotensi menimbulkan bau karena waktu detensi, serta membutuhkan operasi tambahan yang berdampak pada meningkatnya biaya (Metcalf & Eddy et al., 2007).



Gambar 2.5 Unit Bak Penampung dan Gambar Penampung

(Sumber: [Sumber Air Baku PDAM Belitung Tercemar Limbah Tambang](#))

Terdapat beberapa komponen utama dan pendukung yang harus diperhatikan dalam melakukan perencanaan bak penampung, antara lain (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018):

- Rumah pompa, digunakan untuk mengatur debit air limbah yang akan masuk pada unit pengolahan selanjutnya, sehingga diperoleh debit harian rata-rata.
- Mixer/aerator, komponen ini berfungsi untuk menyeragamkan air limbah domestik, khususnya terkait dengan kualitas dan parameter seperti pH, endapan diskrit, dan parameter lain yang tidak sesuai untuk unit pengolahan selanjutnya, penggunaan mixer/aerator dapat menjadi opsi dalam perencanaan unit bak penampung dalam pengolahan air. 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 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 (freeboard)	h_{fb}	5-30	%	(Metcalf & Eddy et al., 2007)
3.	Laju pemompaan udara (aerasi)	Q_{udara}	0,01-0,015	m ³ /m ³ menit	
4.	Kemiringan dasar tangki	Slope	40-100	mm/m	(Qasim & Zhu, 2017)
5.	Waktu tinggal	Td	1-2	jam	(Metcalf & Eddy et al., 2007)

Adapun untuk mengalirkan air buangan ke unit pengolahan selanjutnya diperlukan pompa sehingga debit yang masuk akan menjadi teratur dan mengurangi adanya shock loading rate. Adapun karakteristik pompa yang digunakan diantaranya:

Tabel 2.5 Karakteristik Pompa Bangunan Pengolahan Air

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa
Kinetik	Centrifugal	• Air limbah sebelum diolah • Penggunaan lumpur kedua Kinetik • Pembuangan effluent
	Peripheral	Limbah logam, pasir, air limbah kasar
	Rotor	Minyak, pembuangan gas, zat-zat kimia, aliran lambat untuk air dan air buangan
Posite Displacement	Screw	• Pasir, lumpur pengolahan pertama dan kedua • Air limbah pertama • Lumpur Kasar
	Diafragma Penghisap	• Permasalahan zat kimia limbah logam • Pengolahan lumpur pertama dan kedua (permasalahan kimia)
	Air Lift	Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur sedimentasi kedua
	Pneumatic Ejector	Instalasi pengolahan air limbah skala kecil

(Sumber: Qasim, Syed R. Zhu Guang, Wastewater Treatment Objective, Design Consideration, and Treatment Processes, Halaman 6-43)

2.3.4 Grease Trap

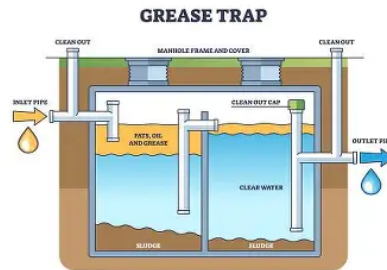
Grease Trap adalah alat perangkap grease atau minyak dan oli. Alat ini membantu untuk memisahkan minyak dari air, sehingga minyak tidak menggumpal dan membeku di pipa pembuangan dan membuat pipa tersumbat. Terbuat dari pasangan bata maupun stainless steel sehingga aman dari korosi. Alat ini cocok digunakan di rumah tangga dan di restoran. Grease Trap juga dikenal sebagai pencegat lemak, perangkat pemulihan (recovery) minyak dan konverter limbah minyak) merupakan perangkat pipa yang dirancang untuk

mencegat sebagian besar lemak/minyak dan zat padat lain sebelum memasuki sistem pembuangan air limbah.

Limbah umumnya mengandung sejumlah kecil minyak yang masuk ke dalam septic tank dan fasilitas pengolahan untuk membentuk lapisan buih mengambang. Lapisan minyak dan lemak ini sangat lambat diolah (dicerna) dan dipecah oleh mikroorganisme dalam proses pencernaan anaerobik. Namun, jumlah yang sangat besar minyak dari produksi makanan di dapur dan restoran bisa membanjiri tangki septic atau fasilitas perawatan, menyebabkan pelepasan limbah yang tidak diolah ke lingkungan. Selain itu, viskositas lemak yang tinggi dari minyak masak seperti lemak babi menjadi padat saat didinginkan, dan dapat bersama sama dengan limbah padat lain membentuk penyumbatan di pipa saluran. Semakin bertambahnya waktu, semakin tebal pula lapisan minyak dan lemak yang ada pada grease trap. Sehingga dibutuhkan pembersihan dengan cara kotoran yang ada di bak penampung minyak pada *grease trap* dihisap oleh pipa penghisap melalui manhole. Jenis *Grease Trap*:

1. Yang paling umum adalah grease trap pasif, yaitu titik perangkat sederhana yang digunakan di bawah kompartemen bak cuci dalam dapur. Grease trap ini membatasi aliran dan menghapus 85-90% dari lemak dan minyak yang masuk. Makanan padat bersama dengan lemak, minyak, dan lemak akan terjebak dan disimpan dalam perangkat ini.
2. Jenis yang paling umum kedua adalah tangki in-ground berukuran besar, yang biasanya 500-2000 galon. Unit-unit ini dibangun dari beton, *fiberglass*, atau baja. Dengan sifat ukuran lebih besar, perangkat ini memiliki kapasitas penyimpanan lemak dan limbah padat yang lebih besar untuk aplikasi aliran limbah yang tinggi seperti pada restoran atau rumah sakit. Trap ini biasa disebut pencegat gravitasi (*gravity interceptors*). Pencegat/trap memerlukan waktu retensi dari 30 menit untuk memungkinkan lemak, minyak, lemak dan limbah padat makanan untuk menetap di tangki. Semakin banyak limbah masuk ke tangki maka begitu pula air yang bebas lemak didorong keluar dari tangki.

3. Jenis ketiga yaitu sebuah sistem GRD (Grease Recovery Devices atau Perangkat Pemulihan Lemak), menghapus lemak atau minyak permukaan secara otomatis ketika terjebak.



Gambar 2.6 *Grease Trap*

2.3.5 Netralisasi

Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan pH atau keasaman air baku sampai menjadi netral. Hal tersebut dimaksudkan agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Bahan kimia yang umum dipakai yaitu asam sulfat atau asam klorida untuk menetralkan air baku yang bersifat alkali. Sedangkan untuk air baku yang bersifat asam umumnya digunakan soda ash atau soda abu dan kapur tohor (Said, 2017).

Proses penetralan umumnya dilakukan dengan pengadukan di dalam bak pencampur dengan waktu detensi berkisar antara 5 sampai 30 menit, dan biasanya dilengkapi dengan kontrolir pH. Penetralan dengan memakai kapur dapat menimbulkan endapan garam kalsium (Said, 2017). Dalam proses netralisasi, terdapat dua (2) sistem yang digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem sistem tersebut diantaranya sebagai berikut (Eckenfelder, 2000).

- Sistem batch biasa digunakan pada air limbah yang memiliki debit lebih kecil dari 380 m³/hari.
- Sedangkan sistem continue membutuhkan pengaturan tingkat keasaman (pH).

Apabila udara diperlukan untuk proses pengadukan, maka aliran udara minimum yang dibutuhkan berkisar antara $1 - 3 \text{ ft}^3/\text{mm.ft}^2$ atau $0,3 - 0,9 \text{ m}^3$

/mm.m² dengan kedalaman 9 ft (2,7 m). Apabila sistem pengadukan dilakukan secara mekanis, maka daya yang dibutuhkan berkisar antara 0,2 – 0,4 hp/ribu.gal (0,04 - 0,08 kW/m³).

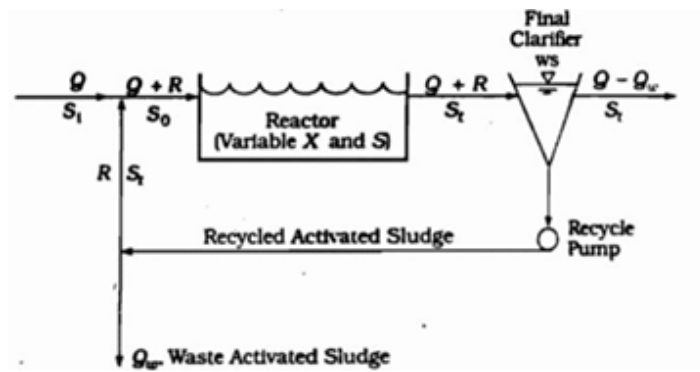
Bak Netralisasi digunakan untuk mencampurkan basa dengan air limbah (asam), agar mencapai pH netral yang dikehendaki. Proses netralisasi menggunakan 2 bak yaitu bak netralisasi dan bak pembubuh. Pada kedua bak terjadi pengadukan untuk mencampur atau menghomogenkan larutan. Proses pengadukan menggunakan prinsip mixing dengan aliran turbulen. Pada bak dilengkapi peralatan mekanis yaitu motor penggerak, dengan kriteria kecepatan pengadukan) sebagai berikut (Reynolds & Richards, 1996):

1. *Paddle* dengan putaran 2 – 150 rpm
2. *Turbine* dengan putaran 10 – 150 rpm
3. *Propeller* dengan putaran 150 – 15000 rpm

2.3.6 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. Air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan industri selanjutnya.



Gambar 2.7 Proses Pada Activated Sludge

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 dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi 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. Tapered Aerasi

Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara di titik awal lebih tinggi.

3. Contact Stabilisasi

Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu Contact tank yang berfungsi untuk mengabsorpsi bahan organik untuk memproses lumpur aktif. Tangki lainnya adalah Reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengabsorpsi (proses stabilisasi).

4. *Pure Oxygen*

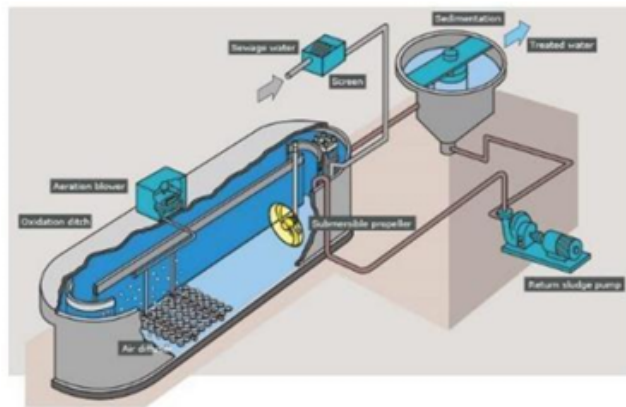
Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan di resirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan waktu tinggal pendek.

5. *High-Rate Aeration*

Kondisi ini tercapai dengan meningkatkan harga rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1 - 5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganisme yang lebih besar

6. *Oxidation Ditch*

Bentuk *Oxidation Ditch* adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s.



Gambar 2. 8 Sketsa Oxidation Ditch

7. *Step Aeration System* 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 di titik yang paling awal. Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah cair dengan lumpur aktif adalah sebagai berikut :

- Oksigen

Oksigen dibutuhkan ketika pengolahan terhadap air limbah dilakukan secara aerob. Tetapi untuk proses anaerob, kehadiran oksigen pada reaktor pengolahan limbah tidak diperbolehkan

sehingga mikroorganisme yang digunakan untuk mendegradasi limbah adalah bakteri anaerob yang tidak membutuhkan oksigen

- Nutrisi

Mikroorganisme akan menggunakan bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah cair sebagai makanannya, tetapi ada beberapa unsur kimia penting yang banyak digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan bakteri sehingga pertumbuhan bakteri optimal. Sumber nutrisi tersebut antara lain :

- ❖ Mikronutrien

Sumber mikronutrien yang penting antara lain adalah Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, dan Ni. Penggunaan mikronutrien adalah 1-100 µg/L (Perry.R.H. & Green.D., 1997). Karena jika terlalu banyak justru merupakan racun bagi mikroorganisme. Penambahan mikronutrien Cu lebih dari 1 mg/L mengakibatkan efisiensi penurunan TOC menjadi menurun komposisi organisme. Komposisi mikroorganisme dalam lumpur aktif sangat menentukan baik atau tidaknya proses pengolahan yang dilakukan. Kondisi yang paling baik untuk pengolahan limbah dengan lumpur aktif adalah

- ❖ pH

Kondisi pH lingkungan sangat berperan dalam pertumbuhan mikroorganisme terutama bakteri karena derajat keasaman atau kebasaan akan mempengaruhi aktivitas enzim yang terdapat dalam sel bakteri. pH optimum untuk pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri adalah antara 6.5- 7.5. Pergeseran pH dalam limbah cair dapat diatasi dengan larutan H₂SO₄ atau NaOH maupun larutan kapur.

- ❖ Temperatur

Pengaruh temperatur untuk pertumbuhan mikroorganisme terutama bakteri adalah terhadap proses kerja enzim yang

berperan dalam sintesis bahan-bahan organik terlarut dalam limbah cair. Temperatur optimal dalam proses lumpur aktif untuk pertumbuhan bakteri adalah 32-36°C (Hammer, 1931)

Adapun parameter penting untuk desain 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) adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi
- Volume bak aerasi (V). Untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi di metabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO_2 dan H_2O , sedangkan fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi.

Tujuan dari proses pengolahan menggunakan unit *Activated Sludge* yaitu untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah Sedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO_2 dan H_2O , sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi (Sperling, 2007).

Proses dalam *Activated Sludge* ini mampu mengubah hampir seluruh bahan organik terlarut dan koloid dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi karbon dioksida dan air. Dan fraksi terbesar diubah menjadi massa *cellular* yang

dapat dipisahkan dari aliran melalui pengendapan secara gravitasi. Agar *effluent* yang dikeluarkan berkualitas tinggi, maka biomassa harus dapat dipisahkan dari aliran melalui *clarifier*, dan setelah itu biomassa dikembalikan lagi ke tangki aerasi. Proses *Activated Sludge* memiliki beberapa tipe dan modifikasinya, antara lain sebagai berikut :

Tabel 2.6 Tipe - Tipe Proses Activated Sludge

No	Process Name	Type of Reactor	BOD Removal %	Kelebihan	Kekurangan
1	<i>High-Rate Aeration</i>	<i>plug flow</i>	75-90	Membutuhkan volume aerasi yang lebih kecil dibandingkan Conventional plug flow membutuhkan energi aerasi yang lebih sedikit	Operasi yang tidak stabil <i>effluent</i> dengan kualitas yang rendah tidak cocok untuk nitrifikasi banyak menghasilkan lumpur
2	<i>Contact Stabilization</i>	<i>plug flow</i>	80-90	Membutuhkan volume aerasi yang lebih kecil dapat menangani aliran dalam cuaca hujan tanpa menghilangkan MLSS	Tidak mempunyai kemampuan nitrifikasi operasi rumit
3	<i>High-purity oxygen</i>	<i>plug flow</i>	85-95	Membutuhkan volume aerasi yang lebih kecil; mengeluarkan sedikit VOC dan gas menghasilkan lumpur yang mudah untuk	Kemampuan nitrifikasi kurang susah dioperasi aliran jam puncak akan mengganggu pengurusan lumpur MLSS

				terendapkan operasi dan kontrol DO tidak rumit baik teradaptasi dari beberapa jenis limbah	
No	Process Name	Type of Reactor	BOD Removal %	Kelebihan	Kekurangan
4	<i>Conventional plug flow</i>	<i>plug flow</i>	85-95	Menghilangkan Amonia lebih baik daripada process complete mix baik beradaptasi dalam beberapa operasi proses	Design dan operasi rumit kesulitan dalam oksigen supply pada tahap awal
5	<i>Step feed</i>	<i>plug flow</i>	85-95	Mendistribusikan penyebaran oksigen meminimalisasi sludge pada clarifier operasi yang fleksible baik beradaptasi dalam beberapa	Operasi yang lebih kompleks flow split tidak dapat diukur desain yang kompleks dalam aerasi dan proses
6	<i>Complete Mix</i>	<i>CMAS</i>	85-95	Baik teradaptasi dari beberapa jenis limbah kapasitas pelarutan besar	Mudah terkena filamentous bulking
7	<i>Extended Aeration</i>	<i>plug flow</i>	75-95	High quality effluen design yang tidak rumit kemampuan dalam shock loading produksi biosolids terbatas	Energi aerasi sangat tinggi kolam aerasi besar

8	<i>Oxidation Ditch</i>	<i>plug flow</i>	75-95	Operasi mudah kemampuan dalam shock loading proses ekonomis dalam small plants energy yang lebih rendah	Struktur lebih besar low f/m bulking energi lebih besar dibandingkan cms dan plug-flow ekspansi kapasitas perencanaan lebih
No	Process Name	Type of Reactor	BOD Removal %	Kelebihan	Kekurangan
9	<i>Batch decant</i>	<i>Batch</i>	-	-	-
10	<i>Sequencing Batch Reactor</i>	<i>Batch</i>	85-95	Proses sederhana fleksible operasi low effluen SS	Proses control rumit; jam puncak mengganggu operasi membutuhkan filtrasi dan desinfeksi sangat dibutuhkan kemampuan operasi beberapa design tidak berguna dalam aerasi
11	<i>Counter current aeration system (CCAS)</i>	<i>plug flow</i>	-	High quality effluent transfer oksigen lebih baik conventional aerasi; dapat dimodifikasi dalam	Dibutuhkan fine screening dibutuhkan ahli untuk mengoperasikannya

Sumber : Metcalf & Eddy, 2003

Berdasarkan karakteristik proses yang diterapkan, sistem pengolahan air buangan pada perancangan ini menggunakan tipe lumpur aktif konvensional. Sistem ini terdiri atas tangki aerasi yang diikuti oleh unit pengendapan sekunder (*secondary clarifier*) serta dilengkapi dengan sistem resirkulasi lumpur. Di dalam tangki aerasi berlangsung proses biologis utama berupa penyerapan bahan organik

terlarut oleh mikroorganisme, pembentukan flok lumpur aktif, serta oksidasi senyawa organik sehingga konsentrasi pencemar dapat diturunkan secara signifikan. Lumpur yang mengendap pada *secondary clarifier* sebagian dikembalikan ke tangki aerasi sebagai lumpur resirkulasi untuk mempertahankan konsentrasi biomassa dan kestabilan proses, sedangkan sisanya dibuang sebagai lumpur berlebih. Pemilihan sistem lumpur aktif konvensional didasarkan pada kemudahan pengoperasian, kestabilan proses, serta kemampuannya dalam mengolah air buangan dengan beban organik sedang hingga tinggi secara efektif.

2.3.7 Clarifier

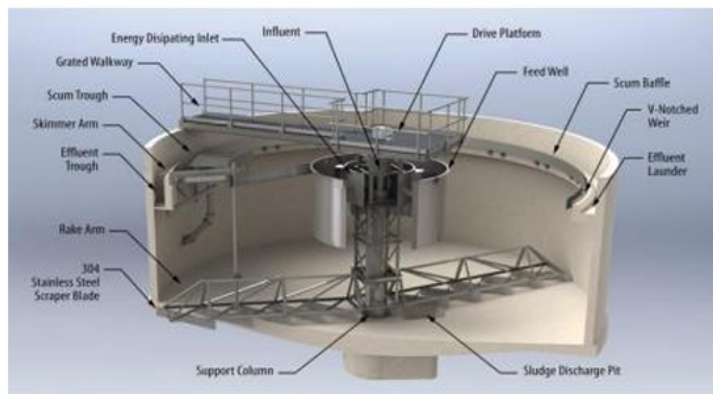
Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah. Biasanya dilaksanakan pada industri yang menghasilkan air limbah khusus, yaitu seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri patogen lainnya. Salah satu contoh pengolahan ketiga ini adalah bangunan *clarifier*. *Clarifier* sama saja dengan bak pengendap pertama. Hanya saja *clarifier* biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis.

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 dibawah 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, dan lainnya.

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 2.9 Unit Clarifier

2.3.7 Belt Filter Press

Belt filter press merupakan salah satu unit dewatering yang umum digunakan dalam pengolahan air buangan untuk mengurangi kadar air pada lumpur hasil proses pengolahan. Alat ini bekerja dengan memanfaatkan tekanan mekanis melalui rangkaian belt (sabuk) yang bergerak secara kontinu. Lumpur yang masuk akan diratakan pada belt dan mengalami proses penghilangan air secara bertahap melalui gravitasi, tekanan, dan pemerasan. Dengan efisiensi yang cukup tinggi, *belt filter press* mampu menghasilkan cake lumpur yang lebih kering dan memudahkan proses penanganan lanjutan seperti pengangkutan atau pemanfaatan ulang (Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering*, 2014).

Proses operasional *belt filter press* umumnya meliputi tiga tahap utama, yaitu *gravity drainage zone*, *wedge zone*, dan *pressure zone*. Pada zona pertama, air bebas dipisahkan dari lumpur dengan bantuan gaya gravitasi. Selanjutnya, pada zona *wedge*, lumpur mulai mengalami penekanan ringan antara dua lapisan belt. Tahap terakhir adalah *pressure zone*, di mana lumpur diperas secara intensif melalui serangkaian rol bertekanan sehingga kadar air berkurang secara signifikan. Kombinasi ketiga tahap ini memungkinkan sistem bekerja secara kontinu dan stabil, sehingga sangat efektif untuk fasilitas yang menghasilkan volume lumpur tinggi (Tchobanoglous et al., *Solid Waste Management*, 2015).

Keunggulan *belt filter press* antara lain konsumsi energi yang relatif rendah, operasi yang mudah dikendalikan, serta kebutuhan ruang yang tidak terlalu besar. Selain itu, unit ini memiliki biaya perawatan yang lebih rendah dibandingkan teknologi dewatering lain seperti centrifuge. Namun, kualitas hasil dewatering tetap dipengaruhi oleh karakteristik lumpur dan kebutuhan penggunaan bahan kimia pengkondisi (*conditioning*). Oleh karena itu, optimalisasi dosis polimer dan pengaturan parameter operasi menjadi aspek penting untuk mencapai efisiensi yang maksimal (Water Environment Federation, *Solids Process Design and Management*, 2012).

2.4 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan limbah adalah menurunkan beban pencemar pada limbah tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Berikut merupakan persentase penurunan beban pencemar berdasarkan beberapa literasi yang ada pada tabel berikut.

Tabel 2.7 Persen Removal Unit Pengolahan Air Limbah

Unit	Parameter	% Removal	Sumber
DAF	Minyak dan Lemak	65 – 97%	Nicholas, Handbook of water and wastewater treatment technologies

	TSS	65 – 97%	Nicholas, Handbook of water and wastewater treatment technologies
Netralisasi (NaOH)	pH	pH 7	Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment Reuse 4th edition Hal 527
Activated Sludge	COD	80 – 99%	Cavaseno, V. (1987). Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering. Page 15
	BOD	50 – 95%	
	Ammoniak	33 – 98%	
Clarifier	TSS	60 – 80%	Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse

2.5 Profil Hidrolis

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

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
- d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus.

2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

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

a. Kehilangan tekanan pada perpipaan

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

b. Kehilangan tekanan pada aksesoris

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

c. Kehilangan tekanan pada pompa

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

d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flock

Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

3. 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 clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada 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 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 RAB (Rancangan 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 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.

Berdasarkan situasi seperti ini, maka tujuan melakukan penyusunan RAB adalah:

1. Untuk keperluan pengajuan penawaran harga dengan sistem lump sum,
2. Sebagai dasar melaksanakan saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Pedoman untuk pelaksanaan proyek bilamana kontraktor ternyata menang tender.