

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah Industri Rumah Potong Ayam

Air limbah industri rumah potong ayam merupakan salah satu limbah yang cair yang menjadi permasalahan karena memiliki kandungan limbah yang bermacam-macam. Pada limbah industri RPA memiliki nilai parameter yang tinggi salah satunya pada kandungan minyak & lemak, Oleh karena itu, penting untuk mengetahui karakteristik air limbah untuk menentukan unit pengolahan air limbah industri yang tepat. Berikut karakteristik limbah industri RPH Antara lain :

2.1.1 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD (*Biological Oxygen Demand*) dapat diartikan yaitu sebagai oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang ada di dalam air. BOD juga sebagai salah satu parameter kimia yang berfungsi untuk mengetahui kualitas perairan. Analisa BOD pada perairan dapat meminimalisir jumlah toksik apabila nilainya telah diketahui dan dilakukan pengolahan secara biologis. (Daroini & Arisandi, 2020).

Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi BOD diantaranya adalah

1. Jumlah senyawa organik yang diuraikan
2. tersedianya mikroorganisme aerob
3. tersedianya jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses penguraian tersebut

Oksidasi biokimia adalah proses yang lambat. Dalam waktu 11 hari, oksidasi bahan organik karbon mencapai 95–99% dan dalam waktu 5 hari sekitar 60–70% bahan organik telah terdekomposisi (Metcalf & Eddy, 1991).

Berdasarkan parameter pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 mengenai baku mutu terhadap industri rumah potong hewan memiliki kadar paling tinggi terhadap BOD yaitu sebanyak 100 mg/ml

2.1.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi atau banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik. Nilai konsentrasi COD pada umumnya lebih besar dari BOD (Sugito, 2017). Menurut Lumaela dkk (2013), Apabila tingkat pencemaran air / COD (*Chemical Oxygen Demand*) perairan relatif tinggi, terdapat kecenderungan kandungan logam berat dalam air dan sedimen akan tinggi karena COD menunjukkan kadar bahan organik yang bersifat non-biodegradable. (Sumantri & Rahmani, 2020).

Berdasarkan parameter pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 mengenai baku mutu terhadap industri rumah potong hewan memiliki kadar paling tinggi terhadap BOD yaitu sebanyak 200 mg/ml

2.1.3 Total Suspended Solid (TSS)

Padatan *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan suatu partikel tersuspensi berdiameter $>1 \mu\text{m}$, yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori-pori $0,45 \mu\text{m}$, partikel tersuspensi tersebut merupakan sedimentasi seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat, dll (Rozali, Mubarak, & Nurrachmi, 2016). TSS dapat menyebabkan kekeruhan pada air yang diakibatkan oleh padatan tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap. Nilai TSS dapat menunjukkan bahwa tingginya tingkat pencemaran pada perairan tersebut serta tingginya TSS dapat memperlambat penetrasi cahaya yang masuk ke dalam air

TSS merupakan parameter universal yang digunakan untuk standar effluent (bersama dengan BOD) yang mana hasil dari pengolahan digunakan untuk proses pengontrolan (Metcalf & Eddy, 2003). Berdasarkan parameter pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 mengenai baku mutu terhadap industri rumah potong hewan memiliki kadar paling tinggi terhadap TSS yaitu sebanyak 100 mg/ml

2.1.4 Derajat Keasaman (PH)

Derajat keasaman digunakan sebagai indikator pencemar suatu perairan. Jika nilai PH menunjukkan <7 maka menunjukkan zat atau larutan tersebut memiliki sifat asam, sedangkan nilai PH menunjukkan >7 maka menunjukkan zat atau larutan tersebut memiliki sifat basa dan nilai PH normal adalah 7. Nilai pH 0 menunjukkan tingkat keasaman yang tinggi dan pH 14 menunjukkan tingkat kebasaan yang tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa menunjukkan pH berkisar 7,9-8,0 masih dalam kisaran normal pada suatu perairan. Pada rentang pH 6-9 terdapat kehidupan mikroorganisme, sedangkan pada pH ekstrim asam atau basa mikroorganisme tersebut tidak dapat hidup. Oleh karena itu pada pengolahan air limbah pH ekstrim sulit untuk dilakukan pengolahan biologis, sehingga dilakukan penetralan pH (Metcalf & Eddy, 2003). Berdasarkan parameter pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 mengenai baku mutu terhadap industri rumah potong hewan memiliki kadar paling tinggi terhadap PH yaitu sebanyak 6-9

2.1.5 Minyak dan lemak

Minyak dan lemak merupakan suatu parameter yang nilai ambang batas maksimum untuk air limbah pada industri dan air permukaan. minyak mempunyai mempunyai berat jenis lebih kecil daripada air sehingga akan membentuk lapisan tipis pada permukaan air. Kondisi ini dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen terhambat serta dapat mengurangi penetrasi sinar matahari kedalam air. Minyak dan lemak merupakan bahan organik yang bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri (Hardiana et al., 2014).

Kandungan minyak dan lemak pada air limbah cair bersumber dari industri berupa proses perebusan dan klasifikasi (Ginting, 2007). Dampak yang akan terjadi antara lain yaitu dapat terjadinya pembusukan pada badan air penerima dan buih yang dihasilkan oleh limbah cair tersebut pada selang waktu tertentu akan mengeras sehingga menutupi permukaan badan air penerima. Berdasarkan parameter pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5

Tahun 2014 mengenai baku mutu terhadap industri rumah potong hewan memiliki kadar paling tinggi terhadap minyak & lemak yaitu sebanyak 15 mg/ml

2.1.6 Amonia

Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja serta bisa juga berasal dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari alam maupun berasal dari hasil buangan industri, pada air amonia berada dalam 2 bentuk diantaranya amonia tidak terionisasi dan amonia terionisasi Melalui proses nitrifikasi biologis, $\text{NH}_3\text{-N}$ (Amonia) dioksidasi menjadi nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^-), oleh bakteri autotrophic aerobic. Hasil akhir dari proses nitrifikasi yang merupakan nitrat (NO_3^-) dapat dikurangi menjadi gas nitrogen (N_2) melalui proses denitrifikasi dalam kondisi anoxic. Kandungan amonia dalam air dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan organisme dalam perairan, secara kimia, keberadaan amonia dalam air berupa amonia terlarut (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+).

berdasarkan parameter pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 mengenai baku mutu terhadap industri rumah potong hewan memiliki kadar paling tinggi terhadap amonia yaitu sebanyak 25 mg/ml

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air buangan mempunyai tingkat pengolahan yaitu :

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

2.2.1 Preliminary Treatment (Pengolahan Pendahuluan)

Proses pengolahan ini merupakan proses pada awal pengolahan dan bersifat pengolahan fisik. Tujuan pengolahan awal untuk menghilangkan padatan kasar dan menjaga unit pengolahan selanjutnya terhindar dari kerusakan serta dapat memaksimalkan fungsi dari unit pengolahan selanjutnya. Pada awalnya pengolahan air buangan terdapat tahapan bertujuan untuk menyaring objek yang

kasat mata, seperti plastik, ranting pohon, daun. Pengolahan awal bertujuan untuk meminimalisir kerusakan pada unit pengolahan selanjutnya (Reynolds, 1996).

Unit proses pengolahannya meliputi, antara lain:

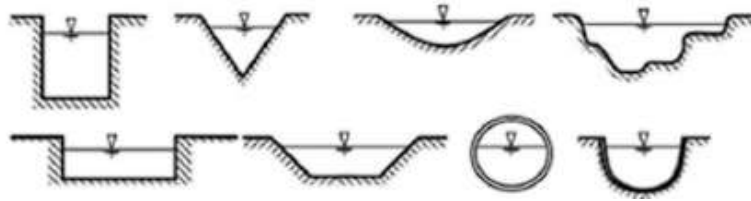
2.2.1.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang digunakan untuk menyalurkan atau mengantarkan air dari suatu bangunan ke bangunan pengolahan lainnya. Saluran pembawa biasanya terbuat dari beton. Saluran pembawa dapat dibedakan menjadi 2 jenis diantaranya, yaitu saluran pembawa terbuka dan tertutup. Pada perencanaan ini saluran pembawa direncanakan menggunakan beton, karena keuntungan tingkat kebebasan yang cukup tinggi untuk desain potongan melintang (Kustanrika, 2016).



Gambar 2.1 (a) Saluran Tertutup (b) Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah sistem saluran dimana permukaan airnya dipengaruhi oleh udara luar. Terdapat berbagai macam saluran terbuka diantaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran ataupun kombinasi dari bentuk tersebut. Sedangkan, saluran tertutup adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak dipengaruhi oleh atmosfer. Konstruksi pada dua jenis tersebut juga berbeda, pada saluran tertutup konstruksinya terletak didalam tanah yang disebut dengan sistem sewerage, sedangkan pada saluran terbuka terletak pada permukaan tanah, kedua jenis saluran tersebut aliran tetap mengikuti gravitasi (kustanrika,2016)



Gambar 2.2 Macam Bentuk Saluran Terbuka

(Sumber :

https://emodul.untad.ac.id/pluginfile.php/198/mod_resource/content/1/rek)

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Saluran Pembawa

Bagian-Bagian	Range	Sumber
Kecepatan aliran (v)	0.3 – 0.6 m/s	Metcalf and Eddy, 2003
Slope maksimal	$<1 \times 10^{-3} \text{ m/m}$	
Freeboard (fb)	10-20%	
Koef. Manning (n)	0,013 (Beton)	Bambang Triadmodjo, 2008

2.2.1.2 Screening (penyaring)

Unit pertama dalam pengolahan air limbah adalah screening. Penyaringan dilakukan untuk menghilangkan padatan yang berukuran besar pada air limbah. Padatan yang kasar dapat menyebabkan kerusakan alat pengolahan selanjutnya. Secara umum screen dibedakan menurut jenisnya yaitu saringan kasar dan halus, saringan kasar menggunakan pembersihan secara manual sedangkan pada saringan halus dilakukan pembersihan secara mekanis (Said, 2019). Berdasarkan jenis saringannya berikut adalah tipe-tipe screening (Eddy, 2003)

1. Fine Screen (Saringan Halus)

Saringan halus memiliki ukuran bukaan sebesar 2,3-6 mm. Fine screen biasanya dilakukan untuk pengolahan pendahuluan (*Pretreatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*Primary treatment*) Screen. Fixed Screen atau static dipasang secara permanen dalam posisi vertikal, miring, atau horizontal, dan

harus dibersihkan dengan garu, gigi, atau sikat. Pada movable screen pembersihan dilakukan secara terus menerus selama pengoperasian (Qasim, 1999).

Berbagai jenis Fine screen telah dikembangkan dalam meningkatkan kualitas penyaringan beberapa saringan halus yang dikembangkan adalah ayakan kawat (static wedge wire) seperti Gambar 2.3, drum putar (rotary drum) seperti Gambar 2.4 dan anak tangga (step type) sesuai Gambar 2.5



Gambar 2.3 Ayakan Kawat (Static Wedge Wire)

(Sumber : https://www.ecplaza.net/products/wedge-wire-sieve-filters-solid-liquid_4594855)



Gambar 2.4 Drum Putar (Rotary Drum)

(Sumber : <https://ekoton.com/product/rotary-drum-screen/>)



Gambar 2.5 Anak Tangga (Step Type)

(Sumber : https://ekoton.com/product/step_screen/)

Tabel 2.2 Klasifikasi fine Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen	Penggunaan
	Klasifikasi ukuran	Range ukuran			
		In	Nm		
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
	Sedang	0,01 -0,1	0,25- 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel	Pengolahan Primer

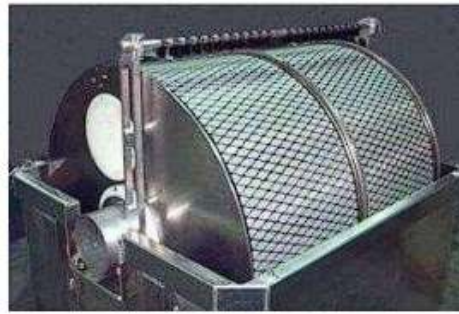
Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen	Penggunaan
	Klasifikasi ukuran	Range ukuran			
		In	Nm		
	Halus		6 - 35µm	Stainless Steel dan kain polyester	Meremoval residual dari suspended solid sekunder
Horizontal Reciprocating	Sedang	0,06 - 0,17	1,6-4	Batangan Stainless Steel	Gabungan dengan saluran air hujan
Tangensial	Halus	0,0475	1200µm	Jala-jala yang terbuat dari stainless steel	Gabungan dengan saluran pembawa

Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004

Halaman 322-323

2. *Micro Screen*

Microscreen merupakan saringan yang berukuran kurang dari 0.5 μ m digunakan untuk zat atau material yang mengapung, alga, dan lainnya yang berukuran kecil. Bentuk Micro Screens dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Micro Screen

(Sumber : <https://i0.wp.com/engineeringcivil.org/wp-content/uploads/2017/12/Microscreen-Sound-engineering.jpg?ssl=1>)

3. Coarse Screen (Saringan Kasar)

Pada coarse screen memiliki ukuran 6-150 mm digunakan untuk pelindung pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari penyumbatan dan kerusakan, coarse screen juga dikenal dengan “bar screen”. Cara pembersihan bar screen dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, dengan manual dan mekanik. Pembersihan manual biasanya dilakukan pada industri kecil dan sedang. Kecepatan arah aliran adalah 0,3-0,6 m/dt, serta jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan bentuk penampang batang tersebut adalah empat persegi panjang



Gambar 2.7 Coarse Screen

(Sumber : <https://www.indiamart.com/proddetail/bar-rack-screen->)

Dalam proses pembersihan dibagi menjadi dua cara yaitu secara mekanik dan manual, pembersihan secara manual dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia sedangkan mekanik dengan menggunakan mesin (Eddy, 2003).

a. Pembersihan Manual

Pembersihan manual biasanya dilakukan pada skala industri kecil dan menengah. Prinsip yang digunakan bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran adalah $0.3 - 0.6 \text{ m/s}$ sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit.



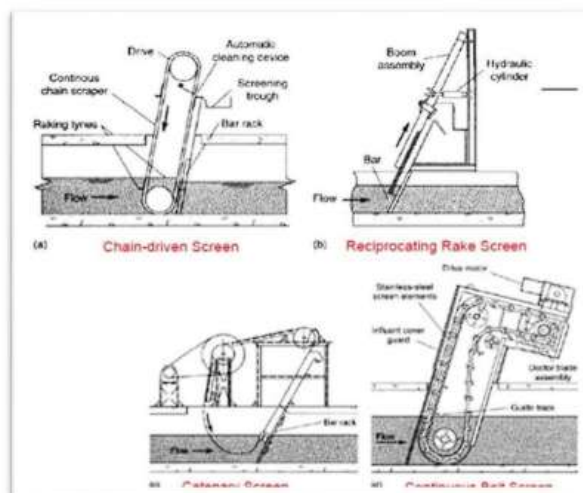
Gambar 2.8 Manual Bar Screen

(Sumber : <https://lagoons.com/blog/sludge/lagoon-screens/>)

b. Pembersihan Mekanik

Pembersihan mekanik dapat dilakukan dengan beberapa alat dan konsep yaitu terdiri dari:

- Chain driven
- Reciprocating
- Catenary
- Continuous belt



Gambar 2.9 Tipe – Tipe Mechanical Bar Screen

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain coarse screen baik dengan secara manual maupun mekanik sebagai berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi Course Screen

Bagian-bagian	Manual	Mekanik	Sumber
Ukuran Kisi - Lebar - Dalam	5 – 15 mm 25 – 38 mm	5 – 15 mm 25 – 38 mm	Metcalf & Eddy, hlm 316-321, 2003
Jarak antar kisi	25 – 50 mm	15 – 75 mm	
Kecepatan saat melalui bar screen	0,3 – 0,6 m/s	0,6 – 1 m/s	
Hilang Tekan / Headloss	150 mm	150 – 600 mm	
Koef. saat non clogging (C)	0,7		

Bagian-bagian	Manual	Mekanik	Sumber
Koef. saat clogging (Cc)	0,6		
Kemiringan / Slope	45° - 60°	0° - 30°	Nusa Idaman Said, Hal 13, 2017

2.2.1.3 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung dan menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi pada bak ekualisasi menurut (Reynold, 1996) menyatakan bahwa waktu tendensi pada bak ekualisasi sebesar 1-4 jam.

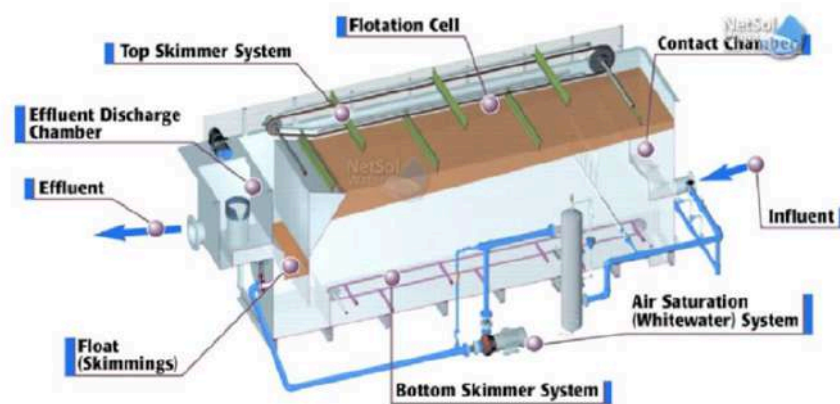
Bak equalisasi secara sederhana dapat diartikan sebagai bak yang digunakan untuk menstabilkan aliran air guna menghasilkan parameter pencemar yang konstan setiap waktu atau dapat juga dibilang relatif mendekati konstan sehingga dapat digunakan pada berbagai macam situasi, bergantung pada sistem pengumpulan yang digunakan. Manfaat utama dari aplikasi bak ekualisasi antara lain:

1. Pengolahan biologis dapat dioptimalkan karena shock loading rate mampu dikurangi/dicegah, zat penghambat dapat diencerkan.
2. Kualitas effluent 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 seragam dimungkinkan dilakukan dengan muatan hidrolis yang lebih rendah (efisiensi penggunaan).

2.2.2 Primary Treatment (Pengolahan Pertama)

Primary treatment merupakan tahap pertama dalam sistem pengolahan limbah cair, dimana beberapa proses fisika dan kimia dikerjakan. Tujuan dari primary treatment adalah untuk memisahkan zat padat, baik organik maupun anorganik, serta minyak dan lemak dari zat cair dengan menggunakan proses fisika dan kimia. Hasilnya, air tampak jernih, memiliki pH netral, dan tidak mengandung logam berat

2.2.2.1 Dissolved Air Flotation (DAF)



Gambar 2.10 Dissolved Air Flotation

(<https://www.openpr.com/news/3072830/dissolved-air-flotation-daf-units-market-insights-2023-by-key>)

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 tersebut melekat pada partikel dan daya apung yang dihasilkan oleh kombinasi partikel dan gelembung gas cukup kuat mengangkat partikel ke permukaan

Proses flotasi udara terlarut atau 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.

Pada sistem DAF, udara didistribusikan ke dalam air limbah dibawah tekanan beberapa atmosfer, lalu tekanan dilepaskan hingga mencapai tekanan atmosfer. Pada tekanan rendah seluruh aliran air dapat diberi tekanan pada melalui pompa hingga sekitar 275 hingga 350 Kpa dengan 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, 2004).

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

1. Flotasi

Flotasi merupakan unit pemisah pada fase cair atau fase padat dari fase cair, pemisahan partikel dari cairan flotasi didasarkan pada perbedaan berat jenis partikel dengan bantuan gelembung udara . Proses flotasi dibagi menjadi 3 jenis

- a. Air Flotation

Udara akan masuk kedalam fluida dengan menggunakan mekanisme rotor-disperser. Rotor yang terendam dalam fluida akan mendorong udara 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

- b. Dissolved Air Flotation (DAF)

Melakukan pengapungan dengan melarutkan udara kedalam 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

- c. Vacuum Flotation

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

2. Koagulasi - Flokulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dan padatan tersuspensi dengan penambahan senyawa kimia yang dinamakan zat koagulan sehingga dapat membentuk flok-flok yang dapat diendapkan, Dalam kondisi stabil partikel koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya tarik-menarik antar partikel lebih kecil daripada 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

Bahan kimia yang umum digunakan dalam proses koagulasi dibagi menjadi tiga golongan yaitu zat koagulan, zat alkali, dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk menggumpalkan partikel tersuspensi, zat warna, koloid dan lainnya agar membentuk flok yang lebih besar, Sedangkan zat alkali dan zat pembentuk koagulan merupakan zat yang memiliki fungsi untuk membantu proses pembantu pembentukan flok agar dapat berjalan lebih cepat serta dapat berfungsi sebagai pengatur PH dalam keadaan stabil pada air baku sehingga dapat menunjang proses pada flokulasi (Said, 2019)

Proses koagulasi merupakan proses dasar pengolahan air untuk menghilangkan partikel koloid dan padatan tersuspensi, Terdapat pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Pengadukan cepat berfungsi untuk mempercepat penyebaran bahan kimia yaitu koagulan melalui air limbah sedangkan pada pengadukan lambat bertujuan untuk membentuk flok yang stabil dan mencegah pecahnya flok. Koagulan yang umum

digunakan dalam proses koagulasi antara lain PAC, aluminium sulfat, dan ferro sulfat (Syaiful, Jn, & Andriawan, 2014).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi adalah sebagai berikut (Rahimah, Heldawati, & Syauqiah, 2016)

1. Suhu air

Apabila suhu dalam air rendah maka akan berpengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi dan besarnya daerah pH optimum pada proses koagulasi akan berubah dan merubah pembubuhan dosis koagulan.

2. Derajat Keasaman (pH)

Proses koagulasi dapat berjalan dengan baik apabila didukung dengan keadaan pH yang optimum

3. Jenis Koagulan

Jenis koagulan yang digunakan dilihat dari segi ekonomi dan daya efektivitas dari pada koagulan dalam pembentukan flok. Koagulan yang efektif digunakan biasanya dalam bentuk koagulan larutan dibandingkan dengan koagulan dalam bentuk serbuk

4. Kecepatan Pengendapan

Dalam pengadukan hal yang terpenting adalah proses kecepatan dalam mencampur bahan kimia (koagulan) dengan air baku secara merata sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel koloid. Kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap pembentukan flok bila pengadukan lambat maka yang terjadi flok terbentuk dengan lambat dan sebaliknya apabila terjadi pengadukan cepat maka flok dengan cepat akan terbentuk namun bisa berakibat flok akan pecah.

5. Kadar Ion Terlarut

Pengaruh ion yang terlarut terhadap proses koagulasi adalah adanya anion yang lebih besar daripada kation. Hal tersebut mengakibatkan ion natrium, kalsium dan magnesium tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses koagulasi

6. Tingkat Kekeruhan

Pengaruh kekeruhan dalam air limbah terjadi apabila tingkat kekeruhan rendah maka proses destabilisasi akan sukar terhadap air, begitupun sebaliknya tingkat kekeruhan tinggi akan mempengaruhi proses destabilisasi secara cepat

7. Dosis Koagulan

Pembentukan flok terjadi karena faktor dari dosis koagulan yang dibubuhkan. Bila pembubuhan koagulan sesuai dengan kebutuhan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan flok akan berjalan dengan baik.

2.2.3 Secondary Treatment (Pengolahan Sekunder)

Menurut (Sugiharto, 1987). Pada proses sekunder ini proses yang akan terjadi yaitu secara biologis. Proses biologis ini dapat berupa anaerobik maupun secara aerob. Tujuan dari pengolahan biologis sebagai berikut:

1. mengurangi bahan – bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya
2. mengubah atau menghilangkan nutrisi dan unsur biologis yaitu karbon (C), hydrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan fosfor (P)
3. menghilangkan konstituen dan senyawa kecil organik tertentu (Metcalf & Eddy et al., 2007)

Pada proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran, dan lain sebagainya.

2.2.3.1 Activated Sludge

Activated Sludge atau dikenal juga dengan pengolahan lumpur aktif adalah proses pengolahan air limbah dengan memanfaatkan proses mikrobiologi secara aerobik pada tangki aerasi. Energi yang digunakan berasal dari oksidasi senyawa organik dan organik karbon. Organik karbon yang digunakan berupa BOD dan COD yang bisa disebut dengan substrat. Bahan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme menjadi karbon dioksida, amonia dan pembentukan sel baru dan hasil lain dapat berupa lumpur

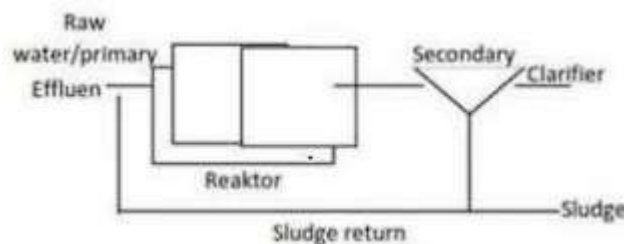
Dengan menggunakan metode Activated Sludge diharapkan air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan industri selanjutnya, diharapkan dapat digunakan kembali sebagai air daur ulang seperti digunakan pada cooling tower, boiler laundry, toilet flusher

Tujuan dari proses ini yaitu mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik, menjadi bahan anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO₂ dan H₂O sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi.

Terdapat beberapa jenis Activated Sludge diantaranya sebagai berikut

1. Konvensional

Terdiri dari tangki aerasi, secondary Clarifier dan recycle sludge. Selama berlangsungnya proses terjadi absorpsi, flokulasi dan oksidasi bahan organik



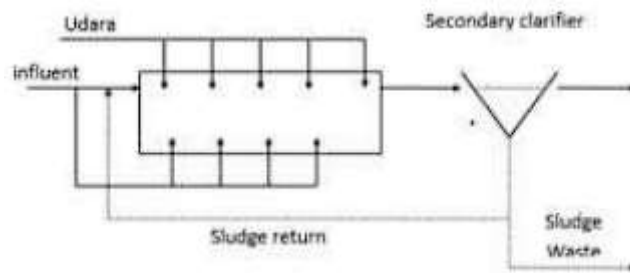
Gambar 2.11 Lumpur Aktif Sistem Konvensional

(Sumber : Reynold, 427)

2. Non Konvensional

a. Stereo Aeration

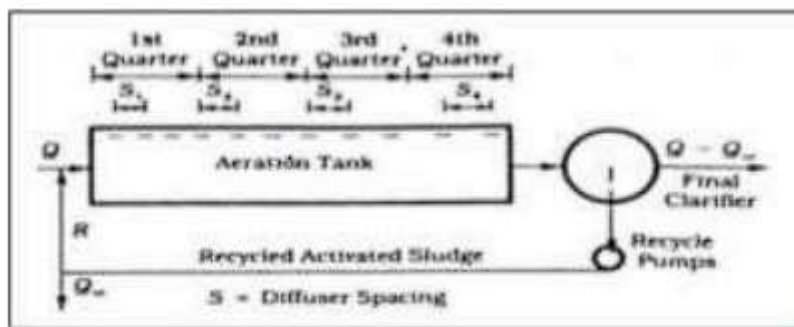
Merupakan tipe plug flow dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet. Inlet air buangan masuk melalui 3 - 4 titik di tangki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen ditik yang paling awal. Keuntungannya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



Gambar 2.12 Lumpur Aktif Non Konvensional Step Aerasi
(Sumber : Reynold, 441)

b. Tapered Aeration

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



Gambar 2.13 Lumpur Aktif Sistem Tapered Aeration
(Sumber : Reynold, 430)

c. Contact Stabilization

Pada sistem ini terdapat 2 tangki, yaitu

- Contact tank yang berfungsi untuk mengabsorpsi bahan organik untuk memproses lumpur aktif
- Reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang telah diabsorpsi (proses stabilisasi)



Gambar 2.14 Lumpur Aktif dengan Sistem Contact Stabilization

(Sumber : <https://www.americanwatercollege.org/68258-2/>)

d. Pure Oxygen

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

e. High Rate Aeration

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

f. Extended Aeration

Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention (td) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.

g. Oxidation Ditch

Bentuk oxidation ditch adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 – 0,35 m/s. 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:

- Makronutrien Sumber makronutrien yang sering ditambahkan antara lain adalah N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na, dan Cl. Unsur nitrogen dan fosfor yang digunakan biasanya diperoleh dari urea dan TSP dengan perbandingan 5:1 (Metcalf & Eddy, 2004).
- Mikro nutrient Sumber mikro nutrient yang penting antara lain adalah Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, dan Ni. Penggunaan mikronutrien adalah 1-100 µg/L (Robert H. Perry, 1997). Karena jika terlalu banyak justru merupakan racun bagi mikroorganisme. Penambahan mikronutrien Cu lebih dari 1 mg/L mengakibatkan efisiensi penurunan TOC menjadi menurun (Y.P. Ting, *H. Imai and S. Kinoshita, 1994).

- 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 apabila populasi mikroorganisme yang dominan adalah free ciliata diikuti dengan stalk ciliata dan terdapat beberapa rotifera

- 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 H_2SO_4 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 $32 - 36\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hammer, Mark J, 1931)

Adapun parameter penting untuk design Activated Sludge adalah :

1. 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.

2. Rasio resirkulasi (R)

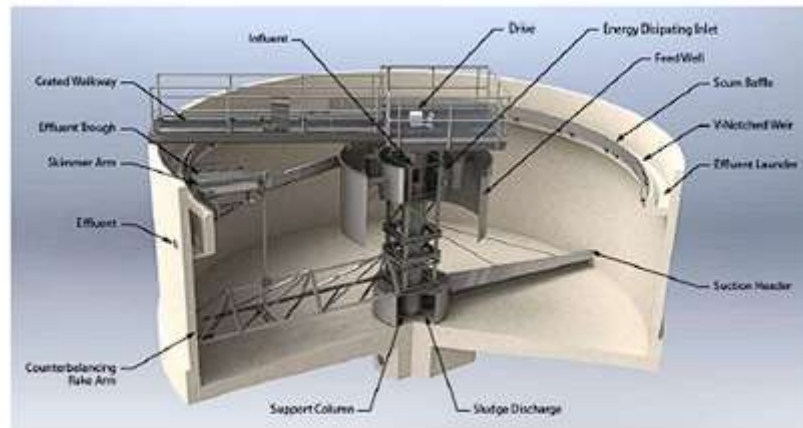
merupakan perbandingan antara debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi terhadap debit air yang diolah. Harga R tergantung pada jenis Activated Sludge yang digunakan

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

4. Waktu detensi (t_d), T_d adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi

5. Volume bak aerasi (V)

2.2.3.2 Clarifier



Gambar 2.15 Clarifier

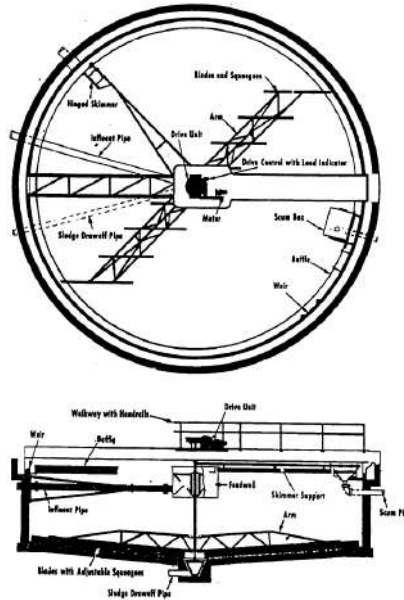
(Sumber: <https://images.app.goo.gl/1cTUv8D27wLeWZJBA>)

Pengolahan ini merupakan pengolahan lanjutan dari proses sebelumnya, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan sebelumnya masih terdapat zat tertentu yang masih berbahaya, Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya.

Unit clarifier digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya disebut dengan proses lumpur aktif. Pada unit ini terdapat scraper blade yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut berfungsi 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 sebelumnya akan mengalami proses tahap selanjutnya yang merupakan pengendapan lanjut sehingga menurunkan padatan tersuspensi, Air yang tertampung pada secondary clarifier sudah memenuhi baku mutu air limbah sehingga dapat dibuang langsung ke saluran air kotor atau diolah dan dimanfaatkan



Gambar 2.16 Desain Clarifier

(Sumber :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965997802000388>)

2.2.4 Sludge Treatment

2.2.4.1 Filter Belt Press dan Bak penampung

Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, Lumpur dikondisikan dibagian 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, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan pergeseran 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 (Metcalf & Eddy, 2003).

Terdapat beberapa variabel yang mempengaruhi cara kerja belt-filter press diantaranya yaitu 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 meningkatkan konsentrasi padatan lumpur

2.3 Persen Removal

Tujuan dari pengolahan limbah adalah dapat menurunkan beban pencemar pada limbah tersebut sehingga dapat sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar

Tabel 2.4 Jenis Parameter dan Unit Pengolahan

No	Unit pengolahan	Beban pencemar	Persen removal	Sumber literatur
1	Dissolved Air Flotation	Minyak dan lemak	65% - 98%	Qasim 1999 chapter 7.18 hal 159
		TSS	65% - 95%	
2	Activated Sludge	BOD	85% - 95%	Sperling, hal 13
		COD	50 %– 95 %	

No	Unit pengolahan	Beban pencemar	Persen removal	Sumber literatur
		TSS	85% – 95 %	
		NH3-N	85% – 95 %	
3	Clarifier	BOD	25% – 40 %	Huisman, hal 12
		COD	25% – 40 %	Qasim, hal 66
		TSS	50% – 70 %	Huisman, hal 12

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. . Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (headloss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing-masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “hidrolik grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen-efluen) 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 meng ekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus
 - 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 flok
Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok. 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 wall dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada clear wall
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear wall demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake

2.5 BOQ dan RAB

2.5.1 BOQ (Bill of Quantity)

BOQ adalah perincian seluruuh 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.

2.5.2 RAB (Rancangan Anggaran Biaya)

RAB adalah daftar harga rincian biaya yang dianggarkan 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

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. RAB berguna untuk memantau penggunaan dana agar tetap efisien
2. Sebagai dasar melaksanakan saat klarifikasi dan negosiasi harga
3. RAB juga menjadi referensi pengambilan keputusan dan merencanakan anggaran keuangan sebuah proyek