

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KARAKTERISTIK LIMBAH

Air limbah merupakan kombinasi dari cairan dan sampah-sampah buangan yang dihasilkan dari proses produksi suatu industri, domestik (rumah tangga), perdagangan, air tanah, air permukaan dan air buangan lainnya yang berdampak pada lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Metcalf, 2003).

Dalam Peraturan Pemerintah No.101 tahun 2014 limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan kegiatan manusia. Limbah berbeda dengan sampah, sampah cenderung banyak ditemui dari hasil buangan kegiatan manusia sehari-hari atau proses alam yang berbentuk padat. Sedangkan limbah berasal dari kegiatan manusia secara individu maupun kelompok, seperti pada kegiatan industri yang menghasilkan sisa buangan pada proses produksi (pengolahan bahan baku menjadi produk).

Secara umum limbah adalah hasil buangan yang berasal dari aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang mengandung bahan-bahan yang membahayakan dalam kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian hidup.

Limbah cair sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Limbah cair biasanya dibuang di sungai, selokan atau saluran air lainnya, bentuknya yang cair membuat limbah cair mudah dibuang dengan dialirkan ke berbagai tempat bahkan ke badan air. Limbah cair yang berasal dari industri biasanya telah diolah terlebih dahulu di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebelum dibuang ke badan air sebab limbah cair tersebut memiliki standar baku mutu yang perlu diperhatikan sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan.

Limbah kegiatan industri kelapa sawit umumnya meliputi

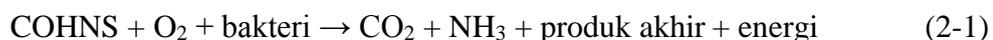
Baku mutu yang digunakan untuk menjadi standar *effluent* pengolahan air limbah bersumber dari Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan atau Kegiatan Usaha Lainnya. Karakteristik air limbah kegiatan peternakan sapi terdiri dari :

2.1.1 BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan senyawa organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air oleh aktivitas mikroba (Sugiharto, 1987). Hasil dari tes BOD digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan zat organik secara biologi, untuk menentukan dimensi atau ukuran dari unit pengolahan, untuk menghitung efisiensi beberapa proses pengolahan dan melakukan pengolahan sehingga parameter air limbah dapat sesuai dengan baku mutu.

Ketika oksigen yang dibutuhkan tercukupi, dekomposisi biologis air limbah secara aerobik akan terus terjadi sampai semua limbah dikonsumsi. Tiga atau lebih proses yang berbeda akan berlangsung. Pertama, sebagian air limbah dioksidasi menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel dan pembentukan jaringan sel baru. Secara bersamaan beberapa bahan organik dari air limbah diubah menjadi jaringan sel baru menggunakan energi yang dilepaskan selama oksidasi. Ketika bahan organik habis, sel-sel baru akan mengonsumsi jaringan sel mereka sendiri untuk mendapatkan energi untuk metabolisme sel. Proses ketiga ini disebut respirasi endogen. CHONS (karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur) mewakili jaringan sel. Ketiga proses tersebut memiliki reaksi kimia sebagai berikut:

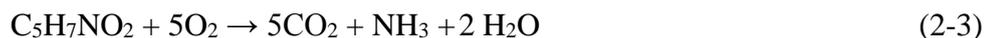
Oksidasi:



Sintesis:



Respirasi endogen:



2.1.2 COD (Chemical Oxygen Demand)

COD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter

(mg/l) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik dengan menggunakan bahan kimiawi atau oksidator kimia yang kuat (potassium dikromat). (Syed R. Qasim, 1985).

Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BODultimate 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.

Hubungan antara COD dan BOD mempengaruhi proses pengolahan air limbah. Rasio BOD/COD dari air limbah adalah berkisar dari 0.3 sampai 0.8. Dimana jika rasio BOD/COD ≥ 0.5 maka air limbah dapat diolah menggunakan proses biologi. Sedangkan jika rasio BOD/COD < 0.3 maka tidak dapat diolah menggunakan proses biologis karena memungkinkan terdapat banyak senyawa racun yang dapat membunuh bakteri.

Pengujian nilai COD bertujuan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diakibatkan oleh oksidasi kimia dari bahan organik. Perbedaan utama dengan uji nilai COD jelas ditemukan pada oksidasi biokimia dari material organik yang dilakukan sepenuhnya oleh mikroorganisme, sedangkan dengan uji nilai COD sesuai dengan oksidasi biokimia dari bahan organik yang diperoleh melalui oksidasi yang kuat (kalium dikromat) dalam media asam. (Sperling, 2007).

2.1.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

Total padatan ada berbagai macam antara lain padatan terendap, padatan tersuspensi dan padatan terlarut. Padatan terendap adalah padatan dalam limbah cair yang mengendap pada dasar dalam waktu 1 jam. Padatan ini biasanya diukur pada kerucut imhoff berskala dan dilaporkan sebagai ml padatan terendap per liter. Padatan terendap merupakan indikator jumlah padatan limbah yang akan mengendap pada alat penjernih dan kolam pengendapan (Metcalf & Eddy, 1991).

Padatan tersuspensi 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 vulvat 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 Idaman Said, 2017).

2.1.4 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan campuran dari senyawa gliserol atau gliserin dengan asam lemak. Asam lemak gliserin yang cair disebut dengan minyak dan yang berbentuk padat disebut lemak. Minyak dan lemak adalah senyawa organik yang tidak dapat larut di dalam air. Jika minyak dan lemak tidak dihilangkan sebelum air limbah di proses lebih lanjut, maka dapat mengganggu kehidupan biologis di perairan permukaan dan akan membuat lapisan yang tembus cahaya (Metcalf & Eddy, 2003). Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Daging, nilai kandungan parameter minyak dan lemak yang di standartkan adalah sebesar 5 mg/L.

2.1.5 pH (Potential of Hydrogen)

Salah satu parameter kualitas air limbah yang terpenting adalah konsentrasi ion hidrogen. pH biasanya digunakan untuk menunjukkan konsentrasi dari ion hydrogen tersebut. Konsentrasi pH yang sesuai bagi kehidupan biologis antara 6-9. Air limbah yang memiliki konsentrasi pH yang sangat asam atau basa akan sulit untuk diolah dengan pengolahan biologi. Jika pH air limbah tidak diolah sesuai dengan baku mutu dan kemudian dibuang ke lingkungan maka dapat mengubah atau mencemari konsentrasi pH natural di badan air. Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan pH meter (Metcalf, 2003).

Disosiasi molekul air berhubungan erat dengan konsentrasi pH. Air akan berdisosiasi menjadi ion hidrogen dan hidroksil seperti rumus kimia ini :



Kemudian menerapkan hukum mass action dengan rumus (2-4) maka :

$$\frac{[H^+][OH^-]}{H_2O} = K_w \quad (2-5)$$

pOH dapat menentukan sebagai logaritma negative dari konsentrasi ion hidroksil untuk air dengan temperature 25°C

$$pH + pOH = 14 \quad (2-6)$$

2.2 BANGUNAN PENGOLAHAN AIR BUANGAN

Unit pengolahan air buangan meliputi :

A. SALURAN PEMBAWA

Saluran Pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolah 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. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Dan disetiap 10 meter saluran pembawa terdapat bak kontrol yang akan mengontrol debit yang dikeluarkan. Air tidak akan mengalir jika saluran tersebut datar, maka di butuhkan kemiringan.

Kriteria Perencanaan :

- Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s
- Kemiringan / Slope maksimal (smax) = 1.10-3m/m
- Freeboard = 10-20% = 0,1 - 0,2
- Dimensi saluran (Ws) = B = 2H
(Sumber : Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition, halaman 316)
- Kekasaran saluran (n) = 0,011 – 0,020 (saluran terbuka berbahan beton)

Tabel 2.1 Harga Kekasaran *Manning*

Bahan Batas	n Manning
-------------	-----------

Kayu yang diketam (diserut)	0,012
Kayu yang tidak diserut	0,012
Beton yang dihaluskan	0,013
Beton yang tidak dihaluskan	0,014
Besi tuang	0,015
Bata	0,016
Baja yang dikeling	0,018
Logam bergelombang	0,022
Batu – batu	0,025
Tanah	0,025
Tanah dengan batu-batu atau rerumputan	0,035
Kerikil	0,029

Sumber : Bambang Triadmodjo, 2008, *Hidraulika II*, Tabel 4.2 Harga koefisien manning

Rumus yang digunakan :

- Luas Permukaan (A)

$$A = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \right)}{v \left(\frac{\text{m}}{\text{detik}} \right)}$$

dengan :

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m²)

Q = Debit Limbah (m³/detik)

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa (m/detik)

- Kedalaman Saluran (H)

$$H = \frac{A \text{ (m}^2\text{)}}{B \text{ (m)}}$$

dengan :

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m²)

B = Lebar Saluran Pembawa (m)

- Ketinggian Total

$$H_{\text{total}} = H + (20\% \times H)$$

dengan :

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

Freeboard = 20%

- Cek Kecepatan

$$v = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \right)}{A(\text{m}^2)}$$

dengan:

Q = Debit Limbah (m^3/detik)

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa (m/detik)

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m^2)

- Jari – Jari Hidrolis

$$R = \frac{B \times H}{B + (2 \times H)}$$

dengan:

R = Jari – jari Hidrolis (m)

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

B = Lebar Saluran Pembawa (m)

- Kemiringan (*Slope*)

$$s = \left(\frac{n \times v}{(R)^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

dengan:

s = Kemiringan Saluran / *Slope* (m/m)

n = Koefisien *Manning* Bahan Penyusun Saluran Pembawa

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa (m/detik)

R = Jari – jari Hidrolis (m)

(Sumber : Dept. Pekerjaan Umum pedoman konstruksi bangunan “Perencanaan sistem drainase jalan” hal.17-18)

B. BAR SCREEN

Unit pengolahan pertama yang biasa digunakan pada proses pengolahan air buangan adalah screening. Screen merupakan sebuah alat berongga yang memiliki ukuran seragam yang digunakan untuk menahan padatan yang ada pada influent air buangan agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003).

Prinsip dari screening adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan : 1. Kerusakan pada alat pengolahan, 2. Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan, 3. Kontaminasi pada aliran air (Metcalf & Eddy, 2003).

Screen pada umumnya dibedakan menjadi tiga tipe screen, di antaranya coarse screen, fine screen dan microscreen. Coarse screen mempunyai bukaan yang berada antara 6-150 mm (0,25-6 inchi). Sedangkan fine screen mempunyai bukaan kurang dari 6 mm (0,25 inchi). Microscreen pada umumnya mempunyai bukaan kurang dari 50 mikron dan digunakan untuk menghilangkan padatan halus dari effluent (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

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).

Berikut adalah kriteria pembagian screen menurut cara pembersihannya.

Tabel 2.2 Kriteria Pembagian *Screen*

Bagian-Bagian	Manual	Mekanik
Ukuran Kisi		
• Lebar	5 – 15 mm	5 – 15 mm
• Dalam	25 – 38 mm	25 – 38 mm
Jarak antar kisi	25 – 50 mm	15 – 75 mm
Kemiringan/ <i>Slope</i>	30° – 40°	0° – 30°
Kecepatan saat melalui <i>bar screen</i>	0,3 – 0,6 m/s	0,3 – 0,6 m/s
Hilang Tekan / <i>Headloss</i>	150 mm	150 – 600 mm

Sumber : Metcalf and Eddy WWET and Reuse 4th edition, 2003

Untuk pembersihan secara mekanis ini bahannya terbuat dari stainless steel dan plastik. Adapun tipenya adalah :

- a. Chain driven
- b. Riciprocating rake
- c. Catenary
- d. Continouse belt

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

Tabel 2.3 Kriteria Pembagian *Screen* untuk *Coarse Screen*

Parameter	U.S Customary Units			SI Unit		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanik	Unit	Manual	Mekanik
Ukuran Batang						
Lebar	In	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	mm	5 – 15	5 – 15
Kedalaman	In	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	mm	25 – 38	25 – 38
Jarak antar batang	In	1,0 – 2,0	0,6 – 0,3	mm	25 – 50	15 – 75
Kemiringan terhadap Vertical	O	30 - 45	0 – 30	o	30 – 45	0 – 30
Kecepatan						
Maximum	ft/s	1,0 – 2,0	2,0 – 3,25	m/s	0,3 – 0,6	0,6 – 1,0
Minimum	ft/s	-	1,0 – 1,6	m/s	-	0,3 – 0,5
Headloss	In	6	6 – 24	mm	150	150 – 600

Sumber : Metcalf and Eddy WWET and Reuse 4th edition, 2003

2. *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 Biological Oxygen Demand (BOD) pada air buangan). Fine Screen juga digunakan untuk menghilangkan padatan dari effluent yang dapat menyebabkan penyumbatan pada proses trickling filter.

Penyaring halus (Fine Screen) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (Premilinary Treatment) adalah seperti ayakan kawat (static wedgewire), 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.

Rumus yang digunakan :

- Dimensi Batang *Screen*

$$\sin \theta = \frac{h}{x}$$

dengan :

θ = Kemiringan *screen* pada saluran pembawa (°)

h = Ketinggian air dalam saluran (m)

x = Panjang *screen* (m)

- Jumlah batang (n)

$$W_s = n \times d + (n + 1) \times r$$

dengan :

W_s = Lebar saluran (m)

n = Jumlah batang *screen*

d = Diameter *screen* (m)

r = Jarak antar batang *screen* (m)

- Lebar Bukaannya Kisi (W_c)

$$W_c = W_s - n \times d$$

dengan :

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

W_s = Lebar saluran (m)

n = Jumlah batang *screen*

d = Diameter *screen* (m)

- Kecepatan saat melalui kisi (v_i) dan kecepatan saat proses pembersihan (v_c)

$$v_i = \frac{Q}{W_c \times h_{air}}$$

$$v_c = \frac{Q}{(100\% - \text{Persentase Penyumbatan}) \times W_c \times h_{air}}$$

dengan :

v_i = Kecepatan saat melalui kisi (m/s)

v_c = Kecepatan saat terjadi proses pembersihan (m/s)

Q = Debit Limbah (m³/s)

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

h_{air} = Tinggi permukaan air dalam saluran (m)

- Tekanan saat melalui kisi (h_v) dan tekanan saat proses pembersihan (h_{vc})

$$h_v = \frac{(v_i)^2}{2g}$$

$$H_{vc} = \frac{(v_c)^2}{2g}$$

dengan :

h_v = Tekanan saat melalui kisi (m)

H_{vc} = Tekanan saat proses pembersihan (m)

v_i = Kecepatan saat melalui kisi (m/s)

v_c = Kecepatan saat terjadi proses pembersihan (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

- Hilang tekan / *Headloss* pada kisi (H_f) dan Hilang tekan / *Headloss* saat saluran tersumbat (H_{fc})

$$H_f = \beta \times \left(\frac{W_c}{r}\right)^{4/3} \times h_v \times \sin \theta$$

$$H_{fc} = \beta \times \left(\frac{W_c}{r}\right)^{4/3} \times H_{vc} \times \sin \theta$$

dengan :

H_f = Hilang tekan / *Headloss* pada kisi (m)

H_{fc} = Hilang tekan / *Headloss* pada saat saluran tersumbat (m)

β = Faktor bentuk *screen*

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

r = Jarak antar batang *screen* (m)

h_v = Tekanan saat melalui kisi (m)

H_{vc} = Tekanan saat proses pembersihan (m)

θ = Kemiringan *screen* pada saluran pembawa (°)

C. BAK PENAMPUNG

Bak penampung merupakan unit penyeimbang, sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Perhitungan bak equalisasi untuk mengetahui berapa luas permukaan yang akan digunakan, rumus yang akan digunakan yaitu :

Kriteria Perencanaan :

- Waktu tinggal (Td) = < 2 jam
- Tinggi bak (h) = 1,5 m – 2 m

(Sumber : Metcalf and eddy, wastewater engineering treatment and reuse fourth edition, hal 344)

- Freeboard (Fb) = 5 – 30%

(Sumber : hidrolika saluran terbuka ven te chow, hal 145)

Rumus yang digunakan :

- Volume bak Pengumpul (V)

$$V = Q \times td$$

dengan :

$$Q = \text{Debit Limbah (m}^3/\text{detik)}$$

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$td = \text{Waktu Detensi}$$

- Ketinggian Total

$$H_{\text{total}} = H + (20\% \times H)$$

dengan :

$$H = \text{Ketinggian Air dalam Bak Pengumpul (m)}$$

$$\text{Freeboard} = 10\text{-}20\%$$

- Luas Permukaan (A)

$$A = L \times W$$

dengan :

$$A = \text{Luas Permukaan Bak Pengumpul (m}^2\text{)}$$

$$L = \text{Panjang (m), dengan } 2 \times W$$

$$W = \text{Lebar (m)}$$

- Cek Waktu detensi

$$td = \frac{V \text{ (m}^3\text{)}}{Q \text{ (m}^3/\text{detik)}}$$

dengan :

Q = Debit Limbah (m^3/detik)

V = Volume Bak Pengumpul (m^3)

td = Waktu Detensi (detik)

- Jari – Jari Hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)}$$

dengan :

R = Jari – jari Hidrolis (m)

H = Ketinggian Air dalam Bak Pengumpul (m)

W = Lebar Bak Pengumpul (m)

(Sumber: Eddy, M. 1981. Waste Engineering Collection and pumping of waste water)

Untuk mengalirkan air buangan ke unit pengolahan selanjutnya perlu menggunakan pompa. Pompa memiliki beberapa karakteristik diantaranya dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Karakteristik Pompa

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa
Kinetik	Centrifugal	<ul style="list-style-type: none"> • Air limbah sebelum diolah • Penggunaan lumpur kedua • Pembuangan <i>effluent</i>
	Peripheral	<ul style="list-style-type: none"> • Limbah logam, pasir, air limbah Kasar
	Rotor	Minyak, pembuangan gas permasalahan zat-zat kimia pengaliran lambat untuk air dan air Buangan
Positive Displacement	Screw	<ul style="list-style-type: none"> • Pasir, lumpur pengolahan pertama dan kedua • Air limbah pertama • Lumpur Kasar
	Diaphragma Penghisap	<ul style="list-style-type: none"> • Permasalahan zat kimia limbah logam • Pengolahan lumpur pertama dan kedua (permasalahan kimia)
	Air Lift	Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur kedua
	Pneumatic Ejektor	Instalasi pengolahan air limbah skala kecil

D. DISSOLVE AIR FLOTATION

Unit flotasi memiliki banyak tipe salah satunya adalah Dissolved Air Flotation (DAF) yang merupakan proses pemisahan padatan, minyak, dan kontaminan tersuspensi lainnya dengan menggunakan gelembung udara. Udara yang ditambahkan ke dalam air akan tercampur dengan aliran air dan terlepas dari larutan ketika terjadi kontak dengan kontaminan. Dimana gelembung udara menempel pada padatan, lalu meningkatkan daya apung, dan mengangkat padatan ke permukaan air.

Pada unit DAF ini udara dilarutkan di dalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ketekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang sangat halus (Metcalf & Eddy, 2003). Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi ini, semakin besar ukuran gelembung udara maka kecepatan naiknya juga akan semakin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik dan proses flotasi menjadi tidak efektif.

Mekanisme pemisahan antara minyak dan lumpur dengan air limbah bisa berlangsung secara fisik, yaitu tanpa penggunaan bahan untuk membantu percepatan flotasi, hal ini bisa terjadi karena partikel-partikel suspensi yang terdapat dalam air limbah akan mengalami tekanan ke atas sehingga mengapung di permukaan karena berat jenisnya lebih rendah dibanding berat jenis air limbah. Selain itu, bisa juga dilakukan dengan penambahan bahan, yaitu udara atau bahan polimer yang diinjeksikan ke dalam cairan pembawanya, yang dapat mempercepat laju partikel ringan menuju permukaan. Untuk keperluan flotasi, udara yang diinjeksikan jumlahnya relatif sedikit (0,2 m³ udara) untuk setiap m³ air limbah. Semakin kecil ukuran gelembung udara maka proses flotasi akan semakin sempurna. Cara kerja dari unit pengolahan flotasi adalah ketika air limbah yang sudah dialirkan menuju bak penampung, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju bak flotasi yang bertujuan untuk menyisahkan kandungan minyak dan lemak.

E. NETRALISASI

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa/alkali, maka sebelum diteruskan ke badan air penerima atau ke unit pengolahan secara biologis dapat optimal. Pada sistem biologis ini perlu diusahakan supaya pH berbeda di antara nilai 6,5 – 8,5. Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri dan adanya suatu kapasitas *buffer* yang terjadi karena ada produk CO₂ dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam.

Larutan dikatakan asam bila : $H^+ > H^-$ dan $pH < 7$

Larutan dikatakan netral bila : $H^+ = H^-$ dan $pH = 7$

Larutan dikatakan basa bila : $H^+ < H^-$ dan $pH > 7$

Ada beberapa cara menetralkan kelebihan asam dan basa dalam limbah cair, seperti :

- Pencampuran limbah.
- Melewatkan limbah asam melalui tumpukan batu kapur
- Pencampuran limbah asam dengan *slurry* kapur.
- Penambahan sejumlah NaOH, Na₂CO₃ atau NH₄OH ke limbah asam.
- Penambahan asam kuat (H₂SO₄, HCl) dalam limbah basa.
- Penambahan CO₂ bertekanan dalam limbah basa.
- Pembangkitan CO₂ dalam limbah basa.

❖ **Mencampur Air Limbah yang Bersifat Basa dengan Asam**

Jenis netralisasi ini tergantung dari macam-macam bahan basa yang digunakan. Magnesium adalah bahan basa yang sangat reaktif dalam asam kuat dan digunakan pada pH di bawah 4,2. Netralisasi dengan menggunakan bahan basa dapat didefinisikan berdasarkan faktor titrasi dalam 1 gram sampel dengan HCl yang dididihkan selama 15 menit kemudian dititrasi lagi dengan 0,5 N NaOH dengan menggunakan *phenolphthalen* sebagai *buffer*. Mencampurkan bahan-bahan basa dapat dilakukan dengan pemanasan maupun pengadukan secara fisik. Untuk bahan yang sangat reaktif, reaksi terjadi secara lengkap selama 10 menit. Bahan-bahan basa lainnya yang dapat digunakan sebagai netralisasi adalah NaOH, Na₂CO₃ atau NH₄OH.

❖ **Mencampur Air Limbah yang Bersifat Asam dengan Basa**

Banyak bahan asam kuat yang efektif digunakan untuk menetralkan air limbah yang bersifat basa, biasanya yang digunakan adalah *sulfuric* atau *hydrochloric acid*. Asap gas yang terdiri dari 14% CO₂ dapat digunakan untuk netralisasi dengan melewatkan gelembung-gelembung gas melalui air limbah. CO₂ ini terbentuk dari *carbonic acid* yang dapat bereaksi dengan basa. Reaksi ini lambat tapi cukup untuk mendapatkan pH antara 7 hingga 8. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan *spray tower*.

Adapun agen netralisasi yang biasa digunakan untuk proses netralisasi limbah industri secara umum beserta klasifikasinya adalah sebagai berikut :

- Senyawa basa :
 - *Lime* dalam bentuk apapun (Senyawa Basa Kuat)
 - Natrium Hidroksida (NaOH) (Senyawa Basa Kuat)
 - Magnesium Hidroksida (Mg(OH)₂) (Senyawa Basa Sedang)
 - Natrium Karbonat (Na₂CO₃) (Senyawa Basa Lemah)
 - Natrium Bikarbonat (NaHCO₃) (Senyawa Basa Lemah)
- Senyawa asam :
 - Asam Sulfat (H₂SO₄) (Senyawa Asam Kuat)
 - Karbon Dioksida (CO₂) (Senyawa Asam Lemah)

(W. Wesley Eckenfelder, 2000)

Dalam proses netralisasi, terdapat dua (2) sistem yang digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem-sistem tersebut diantaranya sebagai berikut :

- 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 ft³/mm.ft² atau 0,3-0,9 m³/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). (W. Wesley Eckenfelder, 2000).

Rumus yang digunakan :

- Bak Pembubuh

➤ Volume Air limbah

Volume ini di butuhkan untuk mencari kebutuhan NaOH yang akan diinjeksikan dalam air limbah

$$\text{Vol} = Q \times \text{Td}$$

dengan :

Q = debit air limbah (m³/detik)

td = waktu detensi (detik)

➤ Dosis NaOH

Persamaan Reaksi = $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^-$

$$[\text{OH}^-] = \frac{\text{Massa (mg)}}{\text{Volume air (lt)}} \times \frac{1}{\text{BM} \left(\frac{\text{gr}}{\text{mol}}\right)} \times \frac{1}{10^3 \left(\frac{\text{mg}}{\text{gr}}\right)}$$

dengan :

BM = Berat molekul H₂SO₄ (mol)

➤ Berat H₂SO₄

$$N = \frac{w}{Bm} \times 1 \text{ liter}$$

dengan :

N = Dosis H₂SO₄/Konsetrasi H₂SO₄ (mg/L)

W = Berat H₂SO₄ dalam 1 liter Air Pelarut

➤ Kebutuhan Dosis NaOH

$$\text{Dosis Total H}_2\text{SO}_4 = Q_{\text{limbah}} \times \text{kebutuhan H}_2\text{SO}_4$$

➤ Debit H₂SO₄

$$\text{Debit H}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{kebutuhan H}_2\text{SO}_4}{\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4}}$$

dengan :

$\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ = Berat Jenis H₂SO₄ (gr/m³)

➤ Volume Larutan Pembubuh

$$V_{\text{pembubuh}} = Q_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times \text{td}$$

- Berat H₂SO₄ Total

$$W \text{ total} = W_{\text{naH}} \times V_{\text{pembubuh}}$$

- Volume H₂SO₄ per-hari

Volume H₂SO₄ yang diinjeksikan dalam 1 hari yaitu :

$$V_{\text{pembubuh}} = Q_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times t_d$$

- Dimensi Bak pembubuh

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

- Pengaduk

- Nilai Tekanan dalam Air :

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

dengan :

P = Daya (watt)

G = Gradien kecepatan (s⁻¹)

μ = viskositas (N-s/m²)

- Diameter Turbin Impeller (Di)

$$D_i = \left(\frac{P}{K_t \times n^3 \times \rho} \right)^{\frac{1}{5}}$$

dengan :

Di = Diameter Impeller (m)

K_t = Koefisien Turbulensi

n = Koefisien Kekasaran Pipa

- Cek

$$N_{re} = \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

*jika N_{re} > 10000, maka aliran telah laminar.

- Bak Netralisasi

- Volume Bak Netralisasi

Volume = volume air limbah + volume bak pembubuh

- Dimensi Bak Netralisasi

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

Sumber: (Tom D. Reynolds, Paul A. Richards, 1996)

F. BIOFILTER ANAEROB-AEROB

Biofilter Aerob adalah unit pengolahan air limbah dengan prinsip biofilm atau biofilter terendam yang dialirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang telah terisi dengan media untuk pengembangbiakan bakteri dengan penambahan oksigen melalui aerasi. Terdapat beberapa cara untuk penginjeksian oksigen antara lain aerasi samping, aerasi tengah, aerasi merata, aerasi eksternal, aerasi dengan air lift pump, dan aerasi dengan cara mekanik. Sistem aerasi atau injeksi oksigen bergantung pada jenis media yang dipakai dan efisiensi yang akan dicapai (Said, 2017).

Menurut Said (2017), beban pencemar biofilter aerob lebih rendah sehingga ditempatkan setelah proses anaerob terjadi. Efluen pengolahan anaerobic masih mengandung zat organik dan nutrisi dikonversi menjadi sel bakteri baru, hydrogen maupun karbon dioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen. Parameter polutan yang ada pada air limbah seperti BOD, COD, ammonia, dan fosfor akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan media. Parameter polutan tersebut didegradasi oleh mikroorganisme yang terdapat pada lapisan biofilm dengan menggunakan oksigen yang terlarut. Sehingga energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa.

Air dilimpaskan menuju ke biofilter dari bak pengendap. Tujuan dari dilewatkannya dahulu air ke bak pengendap adalah untuk mengendapkan partake lumpur, pasir dan kotoran organik yang tersuspensi. Bak pengendap juga berfungsi untuk mengatur aliran. Di dalam reaktor biofilter diisi dengan media plastik tipe sarang tawon serta pemberian aerasi dengan menghembuskan udara melalui diffuser untuk membantu mikroorganisme mengurai zat organik. Mikroorganisme akan tumbuh dan menempel pada media. Mikroorganisme yang tumbuh dapat secara tersuspensi maupun melekat sehingga dapat meningkatkan efisiensi penguraian bahan organik, deterjen serta proses nitrifikasi dan penyisihan amoniak menjadi lebih besar. Proses ini merupakan aerasi kontak (Said, 2017). Media yang diisi pada ruang bed media memiliki kriteria tersendiri. Beberapa kriteria tersebut

antara lain adalah mempunyai luas permukaan spesifik besar, tahan terhadap penyumbatan, dibuat dari bahan inert, harga per unit luas permukaannya murah, ringan, fleksibel, pemeliharaan mudah dan kebutuhan energi kecil. Tujuan dari pemilihan media ini adalah untuk memperoleh luas permukaan yang luas dan murah, biaya konstruksi reaktor rendah dan tidak adanya penyumbatan (Said, 2017).

Kriteria Perencanaan :

Biofilter Anaerob

- 1) Waktu tinggal (td) = 6 – 8 jam
- 2) Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- 3) Beban BOD/volume media = 0,4 – 4,7 kg BOD /m³.hari
- 4) Beban BOD/satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g/m².hari
- 5) Tinggi bed media pembiakkan mikroba = 0,9 – 1,5 m
- 6) Efisiensi penyisihan BOD = 90 -95%

(Sumber : Said, N.I.Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi.

Halaman: 302. Jakarta: Erlangga)

- 7) Media Biofilter
 - Tipe = Sarang Tawon
 - Material = PVC Sheet
 - Ketebalan = 0,15 – 0,23 mm
 - Luas Kontak Spesifik = 150 – 226 m²/m³
 - Diameter lubang = 3 cm x 3 cm
 - Berat Spesifik = 30 – 35 kg/m³
 - Porositas Rongga = 0,98

(Sumber : Said, N.I.Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi.

Halaman: 305. Jakarta: Erlangga)

Biofilter Aerob

- 1) Waktu tinggal (td) = 6 – 8 jam

- 2) Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- 3) Beban BOD/volume media = 0,5 – 4 kg BOD /m³.hari
- 4) Beban BOD/satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g/m².hari
- 5) Tinggi bed media pembiakkan mikroba = 1,2 m
- 6) Efisiensi penyisihan
- BOD = 75 - 80%

(Sumber : Said, N.I.Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi.

Halaman: 309. Jakarta: Erlangga)

- 7) Media Biofilter
- Tipe = Sarang Tawon
- Material = PVC Sheet
- Ketebalan = 0,15 – 0,23 mm
- Luas Kontak Spesifik = 150 – 226 m²/m³
- Diameter lubang = 3 cm x 3 cm
- Berat Spesifik = 30 – 35 kg/m³
- Porositas Rongga = 0,98

(Sumber : Said, N.I.Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi.

Halaman: 305. Jakarta: Erlangga)

- 8) Blower
- Densitas udara = 1,2 kg/m³
- Berat aliran udara (w) = 85 – 1700 m³/menit
- Tekanan absolut outlet (P2) = 25 lb/in² = 1,7 atm
- Tekanan absolut inlet (P1) = 14,7 lb/in² = 1 atm

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003. Hal 440)

- Konstanta Udara = 8,314 kJ/mol.K
- K = 1,395
- N = $\frac{(k-1)}{k}$
= $\frac{(1,395-1)}{1,395}$
= 0,28

- Efisiensi (e) = 0,7 – 0,9

(sumber : Metcalf & Eddy, 2003. Hal 440)

G. CLARIFIER

Clarifier digunakan untuk pengolahan lebih lanjut apabila pada pengolahan sebelumnya masih terdapat zat atau kandungan yang masih berbahaya apabila dibuang ke badan air atau ke lingkungan. Pengolahan ini biasanya dilakukan pada pabrik yang menghasilkan air limbah yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen, dan lainnya. Unit bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya adalah proses lumpur aktif.

Bangunan *clarifier* digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada pengolahan bangunan *clarifier* biasanya 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 ditegah bagian bawah *clarifier*. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi.

H. PENGOLAHAN LUMPUR

Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. *Sludge* dalam *disposal sludge* memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

- a. *Sludge* sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang *responsibel* untuk menimbulkan bau.
- b. Bagian *sludge* yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- c. Hanya sebagian kecil dari *sludge* yang mengandung solid (0.25% -

12% solid).

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah :

- a. Mereduksi kadar lumpur
- b. Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

Terdapat berbagai macam jenis pengolahan lumpur yang digunakan dalam industri-industri saat ini. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pengolahan lumpur yang sesuai dengan kuantitas lumpur yang dibuang, salah satu pertimbangan yang paling penting yaitu efektifitas pengolahan lumpur dan waktu yang tidak terlalu lama dalam proses pengolahan lumpur. Berdasarkan hal tersebut, salah satu jenis pengolahan yang dapat digunakan yaitu *belt-filter press*, yang selengkapnya akan dijelaskan dibawah ini:

1. Belt Filter Press

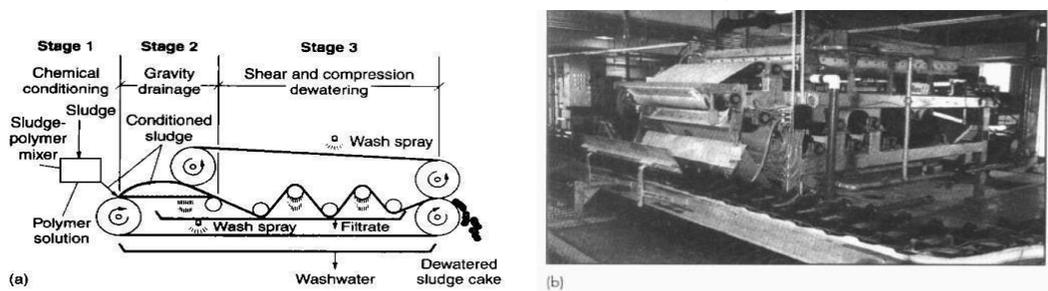
Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Di beberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan membantu untuk 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 penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan *cake* lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan *Scraper blade* Sistem operasi jenis *belt-filter press* dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), *belt-filter press*, *conveyor cake* lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

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

filter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasi yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meningkatkan konsentrasi padatan lumpur.

a b

Gambar 2. 1 Belt Press Dewatering (a) bagian dasar Belt Press Dewatering (b) instalasi Belt Press Dewatering



(Sumber Metcalf & Eddy, 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th edition*)

Belt-Filter Press mempunyai ukuran lebar belt dari 0.5-3.5 m. Ukuran yang umum digunakan untuk lumpur perkotaan adalah 2 m. Beban lumpur dari 90 sampai 680 kg/m.h tergantung pada jenis lumpur dan konsentrasi lumpur yang masuk. Beban hidroulik pada lebar belt antara 1.6-6.3 L/m.s. Pertimbangan keamanan desain mencakup ventilasi untuk memindahkan Hidrogen Sulfida atau gas lainnya dan peralatan penjaga untuk mencegah hilangnya baju diantara rol.

2.3 PERSEN REMOVAL

Tabel 2. 1 Persen Removal Unit Pengolahan

Unit	Parameter Tersisih	Range Kemampuan Penyisihan	Sumber Literatur
<i>Dissolved Air Flotaition (DAF)</i>	Minyak dan Lemak	65 – 98 %	Qasim, 1999.7.18 <i>Flotation and Foaming</i>
	Minyak dan Lemak	93%	Eckenfelder, 2000. Hlm. 117
	TSS	50 – 85%	Cavaseno, 1980. Hlm.14
	BOD	20 – 80%	
	COD	10 – 80%	
Biofilter Anaerob	BOD	90 – 95 %	Nusa, 2017. Hlm 305-309
	COD	90 – 95 %	
	TSS	90 %	
Biofilter Aerob	BOD	90 – 95 %	Nusa, 2017. Hlm 305-309
	COD	90 – 95 %	
	TSS	90 %	
Clarifier	TSS	60 – 80 %	Metcalf & Eddy edisi 4, Hlm 497
Netralisasi	pH	6 sampai 9	Eckenfelder, 2000. Hlm 48

2.4 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.

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
- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris
- c. Kehilangan tekanan pada pompa
- d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

3. Tinggi Muka Air Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake
- d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.