

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Proses Produksi Industri Gula**

Proses produksi industri gula di PG. Kediri memiliki tahapan proses secara umum sama dengan pabrik gula lainnya, dengan menggunakan proses sulfitasi pada stasiun pemurnian. Berikut ini adalah proses produksi gula pada PG. Kediri:

##### **a. Stasiun Persiapan**

Pada stasiun persiapan bertujuan untuk mempersiapkan tebu sampai tebu siap giling. Pada stasiun persiapan terdapat tiga pos, yaitu:

1. Pos penerimaan atau pos pantau

Pada pos penerimaan dilakukan pemeriksaan kadar gula (brix) tebu menggunakan refraktometer dan pemeriksaan pH tebu menggunakan pH meter.

2. Pos penimbangan

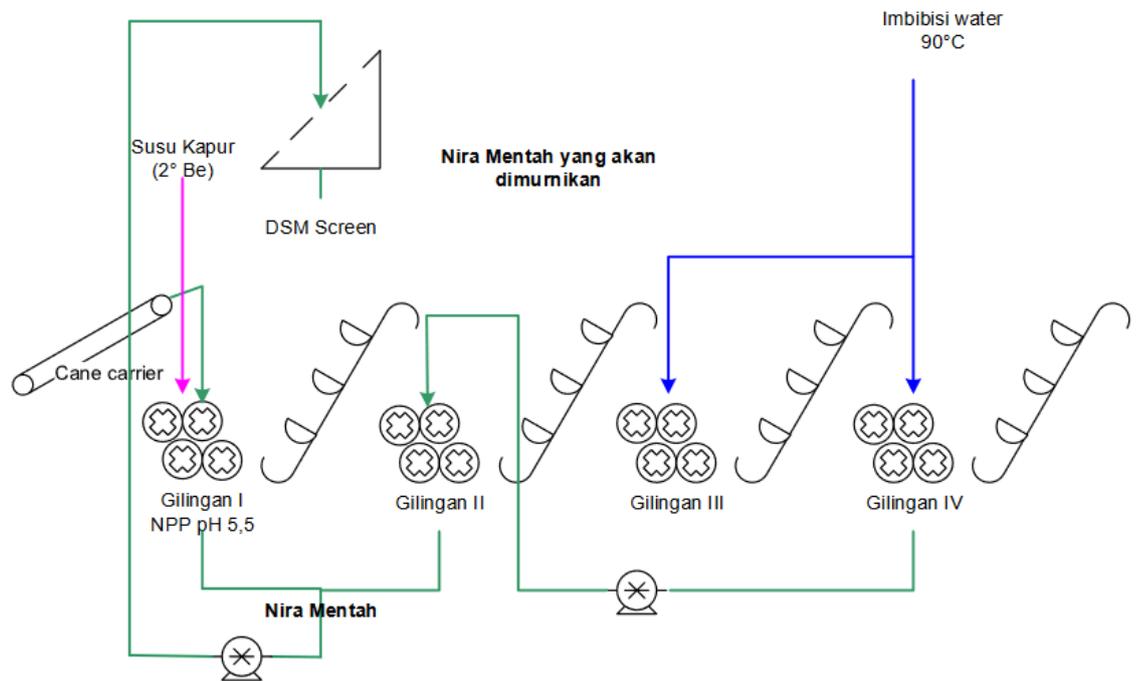
Pada pos penimbangan, truk yang bermuatan tebu ditimbang terlebih dahulu, setelah muatan truk diturunkan, truk kemudian ditimbang kembali. Berat muatan diperoleh merupakan selisih dari berat truk bermuatan & berat truk kosong.

3. Pos pembongkaran

Pada pos pembongkaran, tebu dari truk dipindahkan ke lori (kereta pengangkut tebu) tebu menggunakan cane crane kemudian dipindahkan ke meja tebu sebelum masuk ke dalam stasiun gilingan. Tempat antrian tebu yang akan digiling disebut dengan Emplacement tebu. Pengambilan pada emplacement ini menggunakan sistem FIFO (First In First Out).

##### **b. Stasiun Gilingan**

Pada stasiun penggilingan bertujuan untuk memperoleh nira sebanyak-banyaknya dan meminimalkan kandungan nira pada ampas tebu.



**Gambar 2. 1** Gambaran Proses Stasiun Gilingan

(Sumber: Sophia, 2023)

Serabut yang telah bercampur dengan kapur tohor masuk ke gilingan I. Nira perahan pertama langsung menuju saringan Dutch States Mines Screen (DSM - screen) untuk dipisahkan antara nira dan ampas yang masih terbawa dan ditampung dalam bak nira tertimbang. Ampas dari gilingan I dibawa oleh intermediate carrier menuju gilingan II, pada gilingan dua terjadi penambahan air imbibisi. Nira hasil gilingan II menuju penampung II yang berhubungan dengan DSM screen, sedangkan ampas gilingan II dibawa menuju gilingan III. Pada gilingan III juga terjadi penambahan air imbibisi.

Nira dari gilingan III, dibawa kembali menuju gilingan II sebagai nira imbibisi. Ampas gilingan III dibawa ke gilingan IV. Nira gilingan IV menuju gilingan II sebagai nira imbibisi, sedangkan ampas dari gilingan IV dibawa ke stasiun ketel oleh baggase carrier. Dibawah baggase carrier terdapat saringan yang berfungsi untuk memisahkan ampas kasar dan ampas halus. Ampas kasar dikirim menuju ketel, yang akan digunakan sebagai bahan bakar dapur ketel. Ampas halus di blower menuju mixer untuk dicampur dengan nira kotor untuk dijadikan blotong.

### **c. Stasiun Pemurnian**

Tahap pemurnian bertujuan untuk memisahkan gula dari kotoran yang ikut terlarut dalam nira. Nira yang telah disaring oleh DSM screen dan ditampung pada bak nira tertimbang, ditambahkan asam fosfat untuk mengikat kotoran dan ditarik menuju juice heater I atau pemanas pendahuluan I. Nira dipanaskan hingga suhu 80°C dengan uap bekas dari proses stasiun gilingan.

Nira dari juice heater I masuk ke dalam tabung Ca-sakarot untuk dicampur dengan susu kapur dan nira kental 20 % keluaran evaporator 5 guna menyempurnakan pembentukan flok, sehingga pH sakarat naik menjadi naik menjadi 8,6 (basa). Nira dari tabung sakarat dialirkan menuju sulfur tower untuk dicampurkan dengan gas SO<sub>2</sub> atau biasa disebut sebagai proses sulfitasi. Gas SO<sub>2</sub> dari sulfur burner masuk melewati bawah sulfur tower, sedangkan nira masuk melalui atas sulfur tower. Proses sulfitasi menghasilkan kisaran pH nira dari 7- 7,2. Kemudian nira dipompa menuju juice heater II, nira dipanaskan hingga mencapai suhu 105 - 110°C.

### **d. Stasiun Penguapan**

Tujuan dari proses penguapan adalah menguapkan sebanyak mungkin air yang terkandung pada nira jernih, sehingga mencapai kondisi larutan mendekati jenuh. Nira jernih hasil pemurnian dialirkan menuju evaporator untuk mendapatkan nira kental dengan % Brix minimal 60% dengan sistem lima kali penguapan. Penguapan dilakukan pada kondisi vakum karena nira tidak tahan terhadap suhu tinggi, nira pada suhu tertentu (>125°C) akan mengalami kerusakan sehingga tekanan dalam evaporator diturunkan agar mencapai kondisi vakum dan titik didih nira dapat diturunkan sampai 60°C. Suhu larutan setiap evaporator akan mengalami penurunan karena adanya proses kondensasi.

### **e. Stasiun Masakan/Kristalisasi**

Nira yang keluar dari evaporator terakhir biasanya lebih keruh dan lebih kental karena adanya kenaikan konsentrasi dan penggumpalan nira, sehingga dilakukan proses pemucatan (bleaching) dalam sulfur tower dengan cara

dikontakkan dengan gas SO<sub>2</sub>. Nira dari sulfur tower mengalir menuju bak penampung nira tersulfitasi.

**f. Stasiun Putaran**

Tahap pemutaran bertujuan untuk memisahkan kristal gula dari larutannya dengan cara sentrifugal. Masakan D yang berada pada talang U dialirkan menuju putaran D1. Pada saat proses pemutaran, ditambahkan air agar pemisahan menjadi lebih sempurna. Cairan yang terpisah dari gula D1 disebut tetes. Masakan C dari palung pendingin dialirkan menuju putaran C. Dari putaran C dihasilkan gula C dan hasil samping stroop C. Pada saat proses pemutaran, dilakukan penambahan air agar pemisahan terjadi lebih sempurna. Masakan A dari palung pendingin dialirkan menuju putaran A dan ditambahkan air, sehingga dihasilkan stroop A dan gula A. Stroop A dipompa menuju petitunggu, sedangkan gula A diproses lebih lanjut pada putaran SHS. Gula A yang merupakan hasil dari putaran A, diputar kembali pada putaran SHS. Pada putaran terjadi penambahan air, yang bertujuan untuk menyempurnakan penghilangan kotoran. Hasil dari putaran SHS adalah gula SHS dan klare SHS.

**g. Stasiun Pengemasan**

Tahap penyelesaian bertujuan untuk mengeringkan gula SHS dan menyeleksi ukuran gula serta menghasilkan gula produk. Gula SHS hasil dari putaran SHS dikeringkan dengan sugar dryer, yang merupakan pengering yang menggunakan udara panas bersuhu 50°C selama 2,5 jam. Setelah gula mengalami pengeringan pada sugar dryer, gula tersebut melalui proses pendinginan (cooler) yang mempunyai suhu 30°C, sehingga diperoleh gula kering.

## **2.2 Karakteristik Air Limbah**

Setiap industri mempunyai karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan Pabrik Gula Kediri Jawa Timur yang mempunyai karakteristik limbah yang berbeda, sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair. Dalam menentukan kualitas air dapat dilihat dari kandungan-kandungan yang ada di dalamnya. Adapun

beberapa parameter yang digunakan rujukan untuk menentukan kualitas air limbah adalah sebagai berikut.

### **2.2.1 COD (Chemical Oxygen Demand)**

COD (Chemical Oxygen Demand) atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik. Angka COD merupakan ukuran bagi beban pencemar air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya kondisi oksigen didalam air (Alaerth dan Santika, 1987).

Parameter COD dapat ditemukan karena limbah cair industri gula merupakan hasil pencampuran bahan kimia berupa kapur dari proses produksinya di stasiun pemurnian. Kandungan COD air buangan industri gula ini adalah 880 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur kandungan COD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 100 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

### **2.2.2 TSS (Total Suspended Solid)**

TSS ( Total Suspended Solid ) dalam air limbah seperti pasir, liat, dan bahan organik. TSS jika dibuang ke badan air akan meningkatkan kekeruhan dalam air dan jika berada di dasar perairan akan mengganggu proses perkembangbiakan hewan – hewan air (Alaerth dan Santika, 1987).

Parameter TSS dapat ditemukan karena limbah cair industri gula mengandung partikel padatan dari proses produksinya di stasiun gilingan, dan putaran. TSS juga merupakan parameter universal yang digunakan untuk standart effluent (bersama BOD) yang mana hasil dari pengolahan akan digunakan sebagai proses pengontrolan (Metcalf & Eddy, 2003). Kandungan TSS air buangan industri gula ini adalah 350 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 50 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

### **2.2.3 BOD (Biological Oxygen Demand)**

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses

biologis (biological oxidation) secara dekomposisi aerobik. BOD merupakan salah satu empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua senyawa organik yang terlarut dan yang sebagian tersuspensi di dalam air (Alaerth dan Santika, 1987).

Parameter BOD dapat ditemukan karena limbah cair industri gula mengandung unsur organik dari proses produksinya di stasiun masakan. Kandungan BOD air buangan industri gula ini adalah 450 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan sebesar 60 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur Tahun 2014).

#### **2.2.4 Minyak-Lemak**

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 selamut. Kadar lemak sebesar 15-20 mg/L merupakan batas yang bisa ditolerir apabila lemak berada di dalam air limbah (Sugiharto, 1987).

Minyak dan lemak pada umumnya hadir pada limbah industri dalam bentuk minyak secara umum (yang pada umumnya mengapung di atas air), minyak dalam bentuk emulsi, dan minyak yang tercampur dengan padatan tertentu. Untuk minyak secara umum dapat dipisahkan secara gravitasi, hal itu disebabkan karena specific gravity (sg) minyak berada pada nilai yang lebih kecil dari 1. Minyak hasil olahan petroleum dapat dipisahkan dari limbah dengan skimmer yang digerakkan pada bagian atas bak sedimentasi, termasuk minyak dari proses refinery, pabrik

petrochemical, manufaktur logam dan laundry (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008).

Parameter minyak dan lemak dapat ditemukan karena limbah cair industri gula merupakan hasil dari pemisahan sari tebu dalam proses produksi di stasiun pemurnian. Kandungan minyak dan lemak air buangan industri gula ini adalah 12 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 5 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

### **2.2.5 Sulfida (H<sub>2</sub>S)**

Hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), adalah gas yang tidak berwarna, beracun, mudah terbakar dan berbau seperti telur busuk. Gas ini dapat timbul dari aktifitas biologis ketika bakteri mengurai bahan organik dalam keadaan tanpa oksigen (aktivitas anaerobik), seperti di rawa, dan saluran pembuangan kotoran. Gas ini juga muncul pada gas yang timbul dari aktivitas gunung berapi dan gas alam (Sugiharto, 1987). Hidrogen sulfida juga dikenal dengan nama sulfana, sulfur hidrida, gas asam (sour gas), sulfurated hydrogen, asam hidrosulfurik, dan gas limbah (sewer gas). IUPAC menerima penamaan "hidrogen sulfida" dan "sulfana"; kata terakhir digunakan lebih eksklusif ketika menamakan campuran yang lebih kompleks.

Parameter sulfida dapat ditemukan karena limbah cair industri gula merupakan hasil dari pemurnian sari tebu dalam proses produksi di stasiun pemurnian dan masakan. Kandungan sulfida air buangan industri gula ini adalah 3 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 0,5mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

### **2.2.6 Derajat Keasaman (pH)**

pH merupakan sebuah parameter kualitas yang penting bagi air baku dan air limbah. Ukuran konsentrasi pH yang cocok bagi semua kehidupan biologis bisa dibidang sangat kecil dan kritis yaitu diantara 6 hingga 9. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses penjernihannya.

pH yang baik bagi air minum dan air limbah dalam netral (7). Semakin kecil nilai pHnya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto, 1987).

Parameter pH dapat ditemukan karena limbah cair industri gula diproses dengan bahan campuran berupa kapur dan diatur derajat keasamannya menjadi basa agar waktu melalui pipa tidak mudah berkarat. Kandungan pH air buangan Industri Gula ini telah sesuai dengan Pergub Jatim Tahun 2014 yaitu di angka 7 dengan kata lain dapat disebut sebagai pH netral (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

### **2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan**

Menurut (Sugiharto, 1987) kegiatan pengolahan air limbah perlu dikelola dengan baik tergantung dari jenis kandungan limbahnya. Bangunan pengolahan air buangan mempunyai kelompok tingkat pengolahan. Kelompok tingkatan pengolahan air buangan dibedakan sebagai berikut.

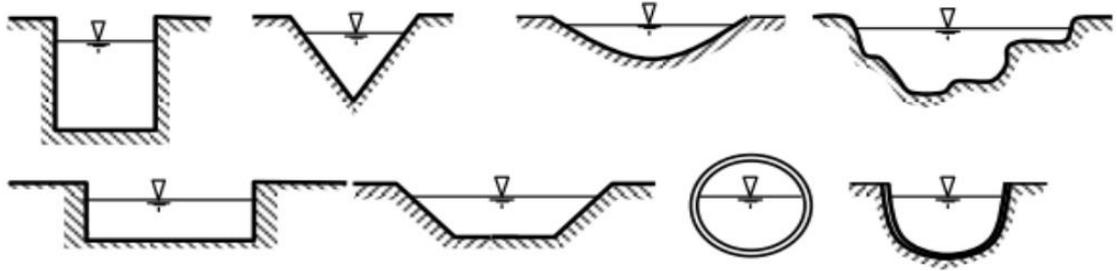
#### **2.3.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)**

Proses pre-treatment adalah proses pengolahan awal secara fisik yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung yang berukuran besar maupun sedang agar dapat mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Tujuan dari pengolahan ini memisahkan kerikil dan zat padat. Selain itu juga berfungsi sebagai media penyalur air limbah dari unit produksi industri yang menghasilkan limbah ke bangunan pengolahan limbah. Unit pengolahan pre-treatment antara lain:

##### **A. Saluran Pembawa**

Saluran pembawa merupakan saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Pada pre-treatment saluran pembawa digunakan sebagai penyalur air limbah dari unit produksi ke bangunan pengolahan limbah. Saluran pembawa juga dibedakan menjadi dua, yaitu saluran pembawa terbuka dan tertutup.

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.



**Gambar 2. 2** Potongan Saluran Terbuka

(Sumber:

[https://emodul.untad.ac.id/pluginfile.php/198/mod\\_resource/content/1/reksun-mod5.pdf](https://emodul.untad.ac.id/pluginfile.php/198/mod_resource/content/1/reksun-mod5.pdf))

Sedangkan saluran tertutup (*pipe flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sistem *sewerage*. Namun walaupun tertutup, alirannya tetap mengikuti gravitasi yaitu aliran pada saluran terbuka.

Rumus yang digunakan pada unit ini adalah sebagai berikut:

- Luas Permukaan (A)

$$A = \frac{Q}{v}$$

Dengan:

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m<sup>2</sup>)

Q = Debit Limbah (m<sup>3</sup>/s)

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. *Open Channel Hydraulics*, hal 5. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

- Kedalaman Saluran (H)

$$H = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

H<sub>total</sub> = H + (10% - 30% x H)

Dengan:

H = Kedalaman air dalam saluran pembawa

A = Luas permukaan saluran pembawa (m<sup>2</sup>)

Fb = 10% - 30% H

(Sumber: *Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 5. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc*)

- Cek Kecepatan

$$v \text{ cek} = \frac{Q}{A}$$
$$= \frac{Q}{0,25 \times \pi \times d^2}$$

Dengan:

v = Kecepatan aliran fluid (m/s)

A = Luas Permukaan (m<sup>2</sup>)

- Jari-jari Hidrolis (R)

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

Dengan:

R = Jari-jari Hidrolis (m)

D = Dimensi saluran pembawa (m)

H = Kedalaman saluran pembawa (m)

- Slope Saluran (S)

$$S = \left( \frac{V_{\text{cek}} \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

Dengan:

V cek = Cek kecepatan (m/s)

n = Koefisien manning

S = Slope saluran pembawa (m/m)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

- Headloss Saluran (Hf)

$$H_f = S \times L$$

Dengan:

S = Slope saluran (m/m)

L = Panjang saluran (m)

## B. Bar Screen dan Bak Kontrol

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).



**Gambar 2. 3** Bar Screen Tipe Manual

(Sumber: <https://www.equipwater.com/equipment/screens/manual-bar-screen>)

Prinsip dari screening adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan:

- Kerusakan pada alat pengolahan
- Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan
- Kontaminan pada aliran air (Metcalf & Eddy, 2003)

Rumus yang digunakan pada unit ini adalah sebagai berikut:

- Volume bak kontrol (V)

$$V = Q \times Td$$

Dengan:

$$Q = \text{debit air limbah (m}^3/\text{s)}$$

$$Td = \text{waktu detensi (s)}$$

- Dimensi bak kontrol

$$V = L \times W \times H$$

Dengan:

V = Volume bak kontrol ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

L = Panjang bak kontrol (m)

W = Lebar bak kontrol (m)

H = Kedalaman bak kontrol (m)

- Kecepatan air pada bak kontrol

$$v = \frac{Q}{W \times H}$$

dengan:

v = Kecepatan aliran fluida pada bak kontrol (m/s)

W = Lebar bak kontrol (m)

H = Kedalaman bak kontrol (m)

- H air pada bak kontrol

$$H = H_{\text{air}} + F_b$$

Dengan:

H = Kedalaman bak kontrol (m)

$H_{\text{air}}$  = Ketinggian air dari kedalaman bak kontrol (m)

$F_b$  = 20% x Ketinggian air dari kedalaman bak kontrol (m)

- Jumlah batang/ kisi ( $W_s$ )

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

Dengan:

$W_s$  = lebar bak kontrol = lebar screen (m)

n = jumlah batang/ kisi

d = lebar batang (m)

r = jarak antar batang (m)

- Lebar bukaan kisi ( $W_c$ )

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

Dengan:

$W_c$  = lebar bukaan kisi (m)

$W_s$  = lebar screen (m)

- n = Jumlah batang/ kisi
- d = lebar batang (m)
- Panjang bar screen/ kisi (x)
 
$$\sin \alpha = \frac{h \text{ total}}{x}$$
 dengan:
 

x = panjang kisi (m)

h total = kedalaman bak kontrol (m)
  - Lebar bar screen (L)
 
$$\cos \alpha = \frac{L}{x}$$
 Dengan:
 

L = Lebar bar screen (m)

x = panjang bar screen (m)
  - Cek kecepatan melalui kisi ( $V_i$ )
 
$$V_i = \frac{Q}{W_c \times H}$$
 Dengan:
 

Q = Debit air limbah ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$W_c$  = Lebar bukaan kisi (m)

H = Kedalaman bak kontrol (m)
  - Headloss saat *clogging*

$$V_{ic} = \frac{Q}{(50\% \times W_c) \times H}$$

$$H_f = \frac{1}{C} \times \left( \frac{V_i^2 - v^2}{2 \times g} \right)$$
 Dengan:
 

$V_{ic}$  = Kecepatan melalui kisi saat *clogging* (m/s)

$W_c$  = Lebar bukaan kisi (m)

$H_f$  = Headloss saat *clogging* (m)

C = Koefisien saat *non clogging*

H = Kedalaman bak control (m)

$V_i$  = kecepatan melalui kisi (m/s)

g = percepatan gravitasi bumi ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

- Headloss saat *non-clogging*

$$H_f = \frac{1}{C} \times \left( \frac{V_i^2 - v^2}{2 \times g} \right)$$

Dengan:

$H_f$  = Headloss saat clogging (m)

$C$  = Koefisien saat *non clogging*

$V_i$  = kecepatan melalui kisi (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)

(Sumber: *Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition, page 316*)

### C. Bak Penampung

Bak penampung adalah sebuah bak yang digunakan untuk menampung air limbah dari saluran pembawa. Bak penampung juga sebuah unit penyeimbang sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah, air limbah yang sudah dialirkan melalui saluran pembawa, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju bak penampung agar debitnya konstan.

Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut:

- Volume bak penampung (V)

$$V = Q \times T_d$$

Dengan:

$Q$  = Debit air limbah (m<sup>3</sup>/s)

$T_d$  = Waktu detensi (s)

- Dimensi bak penampung

$$V = L \times W \times H$$

Dengan:

$V$  = Volume Bak Penampung (m<sup>3</sup>)

$W$  = Lebar Bak Penampung (m)

$H$  = Kedalaman Bak (m)

- Kedalaman total bangunan

$$H_{\text{total}} = H_{\text{air}} + Fb$$

Dengan:

$$H_{\text{air}} = \text{Kedalaman bak yang terisi air (m)}$$

$$Fb = \text{Freeboard (20\% x } H_{\text{air}}) \text{ (m)}$$

### 2.3.2 Pengolahan Utama (*Primary Treatment*)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses yang terjadi yaitu secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengapungan dan pengendapan.

#### a. Netralisasi

Air baku dapat bersifat asam atau basa, maka sebelum dilanjutkan ke badan air atau ke unit pengolahan selanjutnya harus dalam keadaan optimal atau netral. Larutan dikatakan asam apabila memiliki nilai pH kurang dari 7, dikatakan netral apabila pH bernilai 7, dan dikatakan basa apabila memiliki nilai pH lebih dari 7. Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan kadar pH limbah menjadi netral. Hal ini bermaksud agar proses pengolahan limbah secara biologis tidak terganggu dan berjalan dengan baik. Bahan kimia yang banyak digunakan untuk menaikkan kadar pH antara lain soda abu ( $\text{NaHCO}_3$ ), kapur tohor ( $\text{CaO}$ ),  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ , natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ). Proses netralisasi secara umum dilakukan di dalam bak dilanjutkan pengadukan dengan waktu tinggal 5-30 menit (Said, 2017)

Pada limbah industri gula terdapat kandungan Hidrogen Sulfida terlarut dalam bentuk  $\text{H}_2\text{S}$  yang berbahaya dan beracun bagi lingkungan. Alternatif pengolahan hidrogen sulfida dalam air limbah salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan metode Netralisasi. Adanya  $\text{H}_2\text{S}$  pada air limbah membuat air menjadi asam, sehingga perlu penambahan basa untuk penetralan pH dan pengolahan hidrogen sulfida. Pada jurnal digunakan  $\text{Ca(OH)}_2$ , dengan reaksi sebagai berikut (Cash, 2016)

#### b. DAF (*Dissolved Air Flotation*)

Dissolved Air Flotation adalah proses menghilangkan minyak dan lemak, menghancurkan emulsi yang dikandungnya. Emulsi minyak dalam limbah

dapat dilarutkan dalam berbagai cara, termasuk pemanasan, distilasi, pelepasan gelembung, senyawa perekat, sentrifugasi, dan penyaringan. Dari metode tersebut, DAF adalah metode yang paling efektif untuk memisahkan minyak dan asam lemak dari limbah industri yang diolah. Dalam sistem ini, udara larut dalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ke tekanan atmosfer.

Udara terlarut dipancarkan kembali dalam bentuk gelembung halus (30-120 mikron) sebagai akibat dari perubahan tekanan. Ukuran gelembung sangat penting dalam proses flotasi, dan semakin besar ukuran gelembung, semakin cepat kecepatan naiknya, sehingga kontak antara gelembung dan partikel tidak berjalan dengan baik. Dalam hal ini menyebabkan proses flotasi menjadi tidak efektif.

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

- Flotasi

Flotasi merupakan unit pemisah pada fase cair atau fasa padat dari fasa cair. Pemisahan partikel dari cairan flotasi didasarkan pada perbedaan berat jenis partikel dengan bantuan gelembung udara. Proses flotasi dibagi menjadi 3 jenis antara lain:

- a. Air flotation

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

- b. Dissolved Air Flotation (DAF)

Melakukan pengapungan dengan melarutkan udara ke dalam fluida dengan tekanan yang tinggi kemudian dilepaskan dalam tekanan atmosfer. Penggabungan dari gelembung-gelembung gas halus dengan suspended

solid atau oil mengakibatkan penurunan gravitasi sehingga menambah daya pengapungan.

c. Vacum Flotation

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

- Koagulasi-Flokulasi

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

Zat koagulan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi, zat warna, koloid, dan lain-lain agar dapat membentuk flok atau gumpalan partikel yang lebih besar. Zat alkali dan zat pembantu koagulan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membantu proses pembentukan flok agar dapat berjalan lebih cepat dan baik, selain itu fungsi zat alkali dan zat pembantu koagulan dapat mengatur kondisi pH dalam keadaan stabil pada air baku sehingga dapat menunjang proses pada flokulasi. (Said, 2017)

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

kecepatan penyebaran koagulan lebih lama dibandingkan pada proses flash mixing. Koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi antara lain PAC, aluminium sulfat, feri sulfat dan ferro sulfat (Syaiful, Jn, & Andriawan, 2014).

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung DAF pada bangunan pengolahan air limbah adalah sebagai berikut:

Tekanan udara (P)

$$A/S = \frac{1,4 \times sa \times (fp-1)}{sa}$$

Dengan :

A/S = Rasio per padatan; 0,005 – 0,06 (ml udara/mg padatan)

sa = Kelarutan udara

Temperatur (°C)	0	10	20	30
sa (mg/L)	29,2	22,8	18,7	15,7

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2004)

P = Tekanan (atm)

Sa = Influent suspended solid (mg/L)

Volume Bak Flotasi

$$V = Q \times td$$

Luas Permukaan Bak Flotasi (A)

$$A = Q / SLR$$

Dimensi Bak Flotasi

$$V = L \times B \times H$$

Gutter

- Volume gutter (saluran pelimpah) =  $Q \times td$

- Tinggi air diatas gutter =  $\frac{2}{3} \times \text{lebar gutter (B)} \times Cd \times \sqrt{2g} \times H^{\frac{2}{3}}$

Rumus yang digunakan untuk kebutuhan udara

- Kebutuhan teoritis = TSS tersisihkan + BOD tersisihkan + COD tersisihkan

- Kebutuhan O<sub>2</sub> teoritis = Kebutuhan teoritis x faktor desain

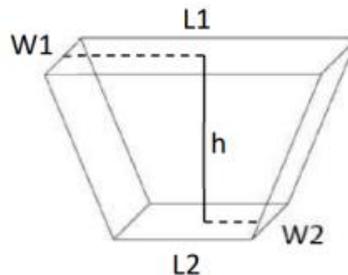
- Kebutuhan O<sub>2</sub> aktual =  $\frac{\text{Kebutuhan O}_2 \text{ teoritis}}{\text{Berat standar udara} \times \text{O}_2 \text{ dalam udara}}$

Diffuser

- Luas tiap plate disk (A) =  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$
- Jumlah plate disk = luas bak flotasi / area pelayanan

Zona Lumpur atau Zona Sludge

- TSS teremoval = %removal x kadar TSS
- Berat lumpur (W<sub>s</sub>) = Q limbah x TSS teremoval
- Berat air (W<sub>w</sub>) =  $\frac{\text{Kadar air dalam lumpur}}{\text{Kadar padatan dalam lumpur}} \times W_s$
- Berat jenis lumpur (ρ<sub>s</sub>) = (berat jenis S<sub>s</sub> x 5%) + (berat jenis air x 95%)
- Volume lumpur =  $\frac{W_s + W_w}{\rho_s} \times t_p$
- Luas permukaan atas zona lumpur (A) = P x L
- Dimensi zona lumpur bawah (limas terpancung)



- Luas permukaan atas zona lumpur (A) = L1 x W1
- Luas permukaan bawah zona lumpur (A') = L2 x W2
- V limas terpancung =  $\frac{1}{3} \times H \times (A + \sqrt{AA'} + A')$

### 2.3.3 Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran, dan lain sebagainya (Sugiharto, 1987).

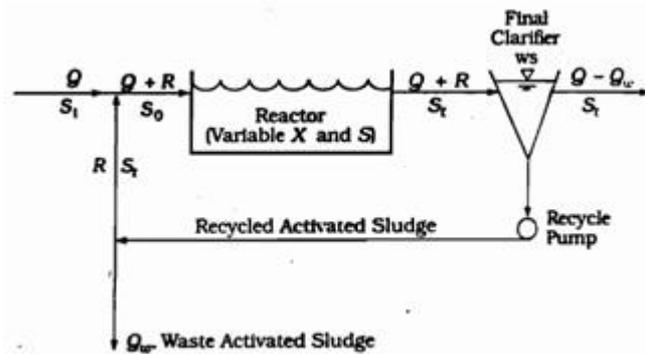
#### a. Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Pengolahan lumpur aktif adalah sistem pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik yang dibiakkan dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk

menurunkan organik karbon atau organik nitrogen. Dalam hal menurunkan organik, bakteri yang berperan adalah bakteri heterotrof. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon (organik karbon). BOD dan COD dipakai sebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi organik karbon, dan selanjutnya disebut sebagai substrat. Adapun jenis proses di dalam activated sludge, yaitu:

- Konvensional

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



**Gambar 2. 4** Alur Proses *Activated Sludge*

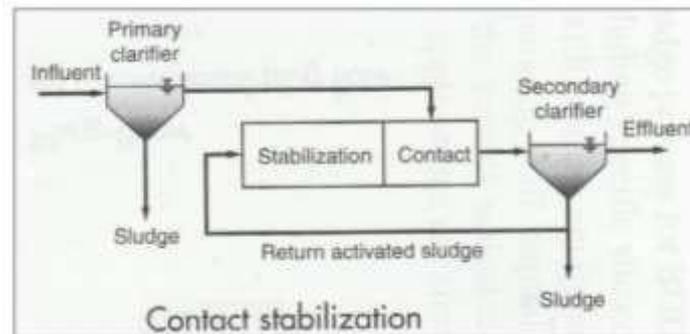
(Sumber: Said, 2017)

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

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

Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu :

- Contact tank yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
- Reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengabsorb (proses stabilisasi).



**Gambar 2. 5** *Activated Sludge Contact Stabilization*

(Sumber: [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-a-contact-stabilization-wastewater-treatment-plant\\_fig4\\_295398046](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-a-contact-stabilization-wastewater-treatment-plant_fig4_295398046))

- *Pure Oxygen*  
Oksigen murni diinjeksikan ke tanki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganismenya serta volumetric loading tinggi dan  $T_d$  pendek.
- *High Rate Aeration*  
Kondisi ini tercapai dengan meningkatkan rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1 - 5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganismenya yang lebih besar.
- *Extended Aeration*  
Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention ( $t_d$ ) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.
- *Oxidation Ditch*  
Bentuk oksidation 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.
- Makro nutrien  
Sumber makro nutrient 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 nutrien  
Sumber mikro nutrient yang penting antara lain adalah Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, dan Ni . Penggunaan mikronutrient adalah 1-100 µg/L (Robert H. Perry, 1997). Karena jika terlalu banyak justru merupakan racun bagi mikroorganisme. Penambahan mikronutrient 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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°C - 36°C (Hammer, Mark J, 1931).

Adapun parameter yang penting untuk design *activated sludge* adalah:

a. 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.

b. Rasio resirkular (R)

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

c. Konsentrasi BOD yang masuk ke tangki aerasi (C<sub>0</sub>)

d. Waktu detensi (T<sub>d</sub>)

e. Volume bak aerasi

#### **2.3.4 Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)**

Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses 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 masyarakat umum. 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 pengolahan tersier ini terdiri dari:

#### **a. Clarifier**

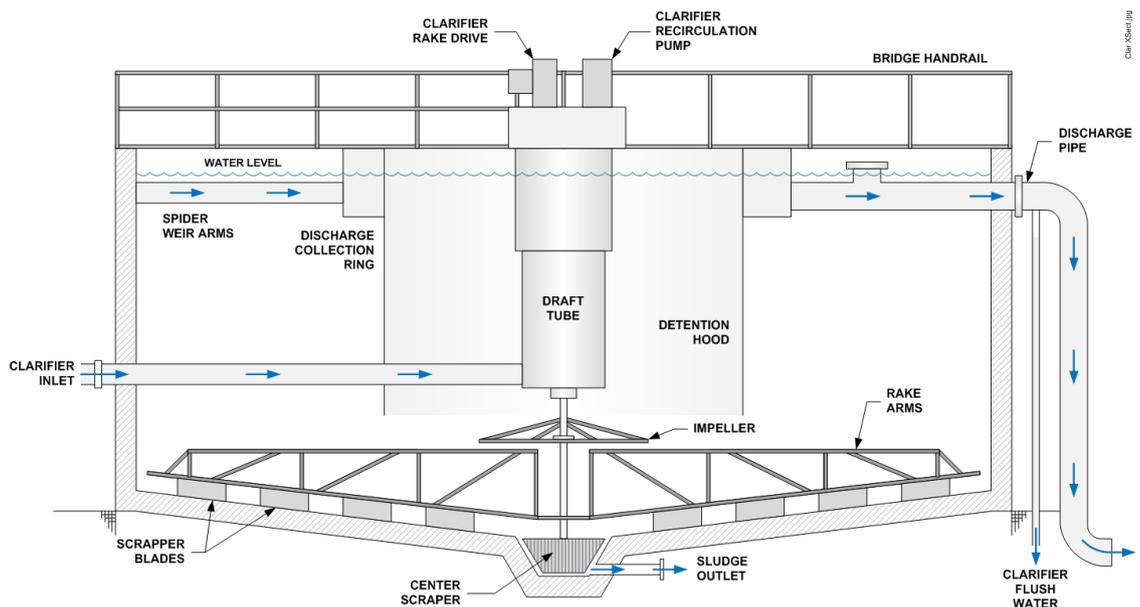
Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah. Biasanya dilaksanakan pada industri yang menghasilkan air limbah khusus, yaitu seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri pathogen 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 scrapper 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, dll.

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



**Gambar 2. 6 Clarifier**

(Sumber: <https://www.fossilconsulting.com/blog/power-plant-fundamentals/clarifiers>)

### 2.3.5 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Pengolahan lumpur merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari suatu instalasi pengolahan air limbah domestik. Pengolahan lumpur memiliki beberapa tujuan, yakni mengurangi kadar air, menstabilkan, serta menghilangkan mikroorganisme patogen yang berpotensi terkandung di dalam lumpur. Hal ini dilakukan agar lumpur yang telah diproses dapat lebih aman ketika dibuang atau dimanfaatkan untuk keperluan terbatas. 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

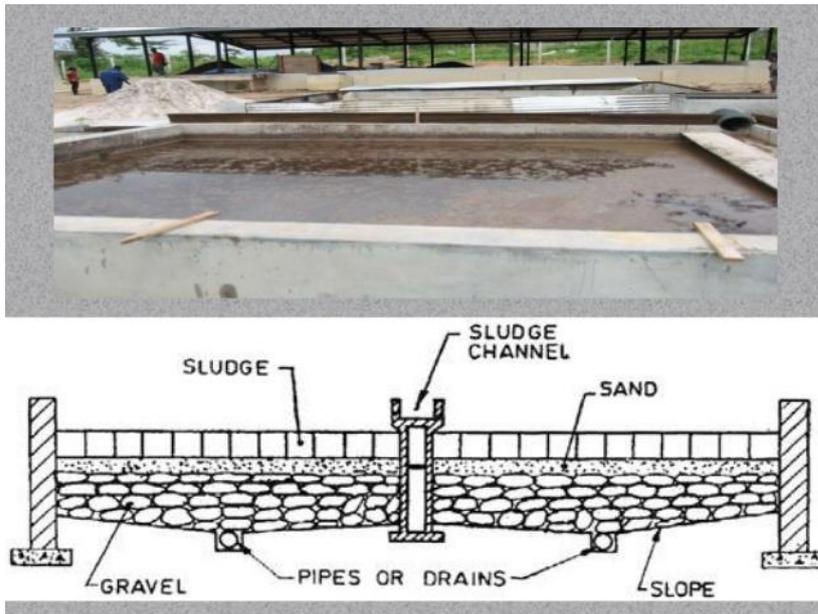
perluan kehidupan. *Sludge* dalam *disposal sludge* memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena (Metcalf & Eddy et al., 2007):

1. *Sludge* sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau.
2. Bagian *sludge* yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.

Hanya sebagian kecil dari *sludge* yang mengandung solid (0.25% - 12% solid). Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah untuk mereduksi kadar lumpur, dan memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman. Adapun unit pengolahan lumpur diantaranya adalah *sludge drying bed*. *Sludge drying bed* merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan. Bak ini berbentuk persegi panjang yang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari. Adapun beberapa teknologi dalam pengolahan lumpur antara lain sebagai berikut:

**a. Bak Pengereng Lumpur (*Sludge Drying Bed*)**

Prinsip bak pengereng lumpur yaitu mengeluarkan air lumpur melalui media pengereng secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara langsung tanpa dilakukan proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan bak pengereng lumpur. Bak pengereng berupa bak dangkal yang berisi media penyaring pasir, batu kerikil sebagai penyangga pasir serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar dibuat saluran pembuangan air dan di atasnya diberi lapisan kerikil dan lapisan pasir kasar. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed* (Metcalf & Eddy et al., 2007).



**Gambar 2. 7** *Sludge Drying Bed*

(Sumber: <https://wastewater101.net/2018/10/study-time-treatment-plant-discussion-solids-handling-10/sludge-drying-beds-5-638>)

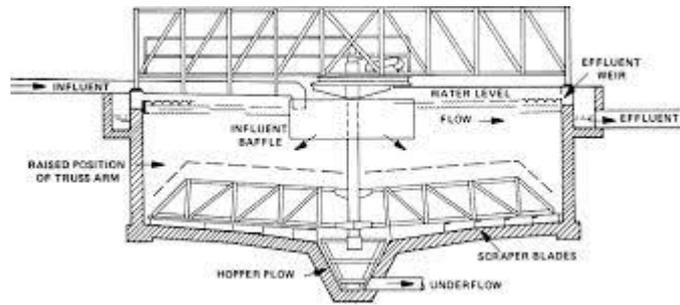
**Tabel 2. 1** Kriteria Desain Unit *Sludge Drying Bed*

No.	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
1.	Tebal pasir	23-30	cm	
2.	Tebal kerikil	20-30	cm	
3.	Sludge loading rate	100-300	kg/m <sup>2</sup> .tahun	
4.	Tebal bed	20-30	cm	
5.	Lebar bed	5-8	m	
6.	Panjang bed	6-30	m	
7.	Waktu pengeringan	10-15	hari	
8.	Uniformity coefficient	<4		

No.	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
9.	Effective size 	0,3-0,75	mm	Qasim, 1985
10.	V air dalam inlet	0,75	m/detik	
11.	V air dalam drain	0,75	m/detik	
12.	Tebal lumpur	200-300	mm	
13.	Kecepatan Pipa Underdrain	0,75	m/detik	
14.	Diameter Pipa Underdrain	>100	Mm	
15.	Koef. Keseragaman	<4	-	
16.	Ukuran Efektif	0,3-0,785	%	
17.	Slope	>1	%	
18.	Rasio lebar:panjang	6:6-30	-	Metcalf &Eddy 4 <sup>th</sup> Edition., 2003

### b. Sludge Thickener

Sludge thickener adalah suatu bak yang berfungsi untuk menaikkan kandungan solid dari lumpur dengan cara mengurangi porsi fraksi cair (air), sehingga lumpur dapat dipisahkan dari air dan ketebalannya menjadi berkurang atau dapat dikatakan sebagai pemekatan lumpur. Tipe thickener yang digunakan adalah gravity thickener dan lumpur berasal dari bak pengendap I dan pengendap II. Pada sistem gravity thickener ini, lumpur diendapkan di dasar bak sludge thickener.

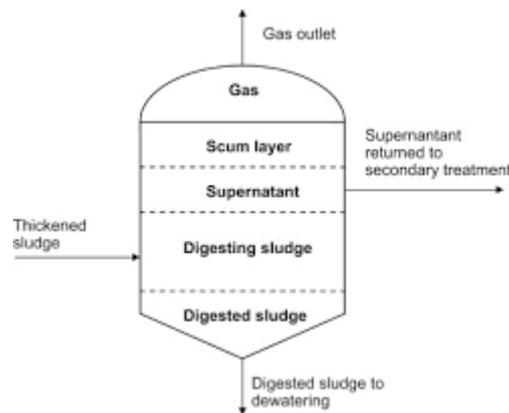


**Gambar 2. 8** *Sludge Thickener*

(Sumber: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemical-engineering/sludge-thickening>)

**c. Sludge Digester**

Sludge digester berfungsi untuk menstabilkan sludge yang dihasilkan dari proses lumpur aktif dengan mengkomposisi organik material yang bersifat lebih stabil berupa anorganik material sehingga lebih aman untuk dibuang.



**Gambar 2. 9** *Sludge Digester*

(Sumber: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128508000312>)

**d. 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. Dibeberapa 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 Scrapper blade Sistem operasi jenis belt filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari belt-filter press, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Belt filter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasi yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meninggikan konsentrasi padatan lumpur.

## **2.4 Aksesoris Perancangan Bangunan**

### **2.4.1 Pompa**

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

#### **a. Sentrifugal Pump**

Sentrifugal Pump merupakan pompa dengan susunan atas sebuah impeller dan

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

b. Rotary Pump

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

c. Gear Pump

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

d. Screw Pump

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

#### **2.4.2 Blower**

Blower merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan dan sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Blower juga merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal

ketekanan akhir melebihi dari 40 psig. Menurut klasifikasinya blower dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

a. Blower Sentrifugal

Blower Sentrifugal merupakan blower dengan memiliki impeller yang dapat berputar hingga 15.000 rpm. Blower sentrifugal dapat beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm<sup>2</sup>.

b. Blower Positive Displacement

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

### **2.4.3 Pipa**

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

a. Shock Pipa/ Socket

Shock pipa/Socket merupakan aksesoris untuk menyambung pipa yang bertujuan untuk memperpanjang pipa dengan menyambung lurus satu pipa dengan pipa lainnya. Aksesoris ini biasa digunakan untuk menyambung pipa dengan diameter yang sama, dengan ulir yang berada di dalam.

b. Elbow

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

c. Tee

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

d. Reducer

Reducer merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menyambung dua pipa dengan diameter berbeda. Reducer ini terbagi menjadi dua tipe, yakni reducer elbow untuk membelokkan aliran dan reducer socket untuk memperpanjang pipa dengan sambungan lurus.

e. Dop Plug/ Clean Out

Dop/plug/cap/clean out merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menutup saluran pipa pada ujung pipa yang tidak dihubungkan lagi. Cap adalah penutup yang lebih simpel dari yang lain, Plug adalah penutup yang sangat rapat dengan sistem ulir/drat, clean out adalah penutup yang dapat ditutup dan dibuka sesuka hati. Namun kebanyakan kontraktor memilih untuk menutup ujung pipa dengan kran, agar sewaktu-waktu ujung pipa dapat digunakan dan bermanfaat.

## 2.5 Persen Removal

Pada unit bangunan pengolah air limbah terdapat parameter yang akan diproses di dalamnya. Setiap bangunan mengolah parameter yang berbeda sehingga memiliki *Removal* yang berbeda. *Persen Removal* berarti besar persentase penghilangan dan / atau pembersihan dan / atau penghapusan nilai atau jumlah parameter dalam satuan persen (%). Besar *persen Removal* unit pengolahan air limbah industri tekstil dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2. 2** Persen Removal Unit Pengolahan Air Limbah

Unit Pengolahan	% <i>Removal</i>	Sumber
<b>1. Pre Treatment</b>		
<i>Screening</i>	-	-
Bak Penampung	-	-
<b>2. Primary Treatment</b>		

Netralisasi	70 – 100% H <sub>2</sub> S	
Dissolved Air Flotation	75% - 91% Minyak dan Lemak	Maharani, V. S. (2017) Studi Literatur : Pengolahan Minyak dan Lemak Limbah Industri, Cavaseno, Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering) hal 15
	50% - 85% TSS	
<b>3. Secondary Treatment</b>		
<i>Activated Sludge</i>	85% - 90% BOD	Said, 2017. Teknologi Pengolahan Air Limbah, hal 181 Cavaseno, Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering, page 15
	55% - 95% COD	
	60% - 85% TSS	
<i>Clarifier</i>	60% - 80% TSS	Huisman, L.(1977). Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration. Page 12

## 2.6 Profil Hidrolis

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

### a. Kehilangan Tekanan Pada Bangunan Pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu:

- Kehilangan tekanan pada saluran terbuka

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

**b. Kehilangan Tekanan Pada Perpipaan dan Aksesoris**

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

- Kehilangan tekanan pada perpipaan  
Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William”  $Q$  atau  $V$  diketahuimaka  $S$  didapat dari monogram.
- Kehilangan tekanan pada aksesoris  
Cara yang mudah adalah dengan mengekuivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekuivalen sekaligus  $S$ .
- Kehilangan tekanan pada pompa  
Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- a. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok  
Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

**c. Tinggi Muka Air**

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

- Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
- Menambahkan kehilangan tekanan antara bangunan kedua dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada bangunan kedua.
- Didapat tinggi muka air bangunan sebelum bangunan kedua demikian seterusnya hingga bangunan terakhir.