

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Karakteristik Air Buangan Industri Gula**

Setiap industri mempunyai karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Karakteristik meliputi sifat-sifat fisika, kimia dan biologi. Sifat-sifat tersebut dapat dipahami dengan mempelajari konsentrasinya dan sejauh mana tingkat pencemaran yang dapat ditimbulkan limbah terhadap lingkungan. Pemahaman tentang karakteristik dapat diketahui melalui pengambilan sampel pada limbah cair.

Dalam masalah limbah dan pencemarannya diperlukan sikap yang obyektif, sesuatu dianggap limbah jika berada pada suatu keadaan, tempat, dan waktu tertentu. Mungkin juga dapat menjadi sesuatu yang bermakna dan berfungsi lebih baik gula berada dalam keadaan lain, tempat, dan waktu yang berbeda. Ada beberapa macam limbah yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas, dan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Limbah yang tidak sesuai peruntukannya, diperlukan adanya pengolahan. Prinsip pengolahan limbah adalah mengubah Zat-zat beracun dalam limbah menjadi zat-zat yang lebih aman untuk dibuang ke lingkungan, menyelesaikan masalah dan tidak menambah masalah. Sedangkan tujuan dari pengolahan limbah adalah membuat limbah sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lingkungan.

Limbah cair yang dihasilkan pabrik gula diantaranya adalah:

1. Limbah cair polutan

Limbah cair polutan berasal dari bocoran nira, pendingin metal gilingan, air keluaran scrap Evaporator, dan air soda pelunak kerak. Limbah ini kemudian diolah pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL), dan baru akan dibuang ke badan air setelah memenuhi standart baku mutu.

2. Limbah cair non polutan

Limbah cair non polutan berasal dari air jatuhan BP, masakan, vacuum filter, air pendingin, air blowdown ketel yang dioalah spray ponds. Limbah tersebut tidak mengandung polutan tetapi mengandung suhu yang tinggi. Oleh karan itu treatment perbaikan mutu limbah hanya menekankan pada penurunan suhu.

Karakteristik atau sifat mengenai limbah cair mepkakan faktor utama dalam merencanakan suatu pengolahan limbah cair. Karakteristik itu dibedakan menjadi tiga, yaitu :

#### 1. Karakteristik Fisika

Parameter yang termasuk dalam karakteristik fisika limbah cair adalah:

##### a. Kekeruhan

Adanya kandungan zat padat tersuspensi pada limbah gula dalam jumlah yang tinggi dikarenakan industri tersebut mengandung zat organik yang tinggi.

##### b. Warna dan Bau

Untuk mengetahui secara fisik bahwa polutan yang berada didalam limbah gula tersebut cukup tinggi. Sehingga menimbulkan warna kuning kehijauan dan bau tidak sedap.

##### c. Total Solid

Seluruh bahan padatan yang ada di limbah cair dan merupakan residu dari limbah cair yang merupakan bahan padat dari tersuspensi atau terlarut yang diperoleh bila limbah cair diuapkan pada suhu 103 - 105°C selama 3 jam. Partikel-partikel dari limbah yang termasuk total solid umumnya mempunyai diameter sekitar 1 micron

#### 2. Karakteristik Kimia

Sifat-sifat kimia dari limbah cair dilatarbelakangi atas gugus fungsional yang ada, rumus bangun dan rumus molekul dan golongan dari senyawa kimia tersebut. Bahan organik yang ada biasanya berupa karbon, hidrogen, oksigen bersama - sama nitrogen dan beberapa unsur lainnya antara lain sulfur, fosfor dan

besi. Kadang-kadang ditemukan bahan organik yang ada di dalam limbah cair antara lain :

a. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

*Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (*biological oxidation*) secara dekomposisi aerobik. *Biological Oxygen Demand* (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.

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

*Chemical Oxygen Demand* atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah 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 di dalam air.

c. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak yang mencemari air sering dimasukkan ke dalam kelompok padatan, yaitu padatan yang mengapung di atas permukaan air. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan oleh bakteri. Karena berat jenisnya lebih kecil dari pada air maka minyak tersebut membentuk lapisan tipis di permukaan air dan menutup permukaan yang mengakibatkan terbatasnya oksigen masuk ke dalam air.

d. Sulfida ( $H_2S$ )

Hidrogen sulfida,  $H_2S$ , 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 (aktifitas

anaerobik), seperti di rawa, dan saluran pembuangan kotoran. Gas ini juga muncul pada gas yang timbul dari aktivitas gunung berapi dan gas alam. 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.

e. pH (derajat keasaman)

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. pH dapat mempengaruhi kehidupan biologi dalam air. Bila terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mematikan kehidupan mikroorganisme. pH normal untuk kehidupan air 6 – 8. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH.



**Gambar 2.1** pH meter dan kertas pH

### 3. Karakteristik Biologi

Yang termasuk karakteristik biologi adalah adanya ganggang, lumut dan mikroorganisme walaupun terdapat dalam jumlah yang kecil, namun perlu diperhatikan terutama untuk tujuan pengolahan biologis.

Sesuai dengan batasan dari air limbah yang merupakan benda sisa maka sudah tentu bahwa air limbah merupakan benda yang tidak dipergunakan lagi. Akan tetapi, tidak berarti bahwa air limbah tersebut tidak perlu dilakukan pengelolaan, karena apabila limbah ini tidak dikelola secara baik dan benar akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada. Dari hasil penelusuran lapangan dan wawancara dengan

masyarakat desa Jombang, diketahui bahwa buangan air limbah PG. Kreet Baru 1 banyak dimanfaatkan masyarakat untuk irigasi persawahan. Pembuangan ini dapat berdampak buruk jika tidak adanya pengelolaan dan dampak negatif yang dapat ditimbulkan antara lain :

1. Pengaruh air limbah terhadap kesehatan

Air Limbah yang mengandung mikroorganisme dapat menimbulkan gangguan kesehatan, diantaranya : Entamoeba histolytica proto yang dikeluarkan bersama tinja yang dapat menyebabkan amoebiasis ( penyakit usus ) dan lain – lainnya.

2. Pengaruh air limbah terhadap lingkungan

Air limbah yang dibuang ke lingkungan akan menimbulkan berbagai masalah, diantaranya : menimbulkan masalah bau, pencemaran air tanah serta mengganggu keseimbangan ekosistem.

Bila industri membuang air limbah ke badan air dengan kualitas yang diatas baku mutu yang diizinkan, maka kadar oksigen akan menurun karena digunakan oleh bakteri pengurai. Namun bila tidak ada sumber pencemar baru yang masuk ke badan air pemampung maka makin lama akan mengalami self purification didalam perjalanannya karena faktor – faktor pencemaran, suhu, kecepatan aliran, kemampuan absorpsi, kemampuan fotosintesis dan lain – lain. Sugiharto (1987) menyatakan bahwa efek buruk dari limbah dapat menyebabkan terjadinya berbagai macam gangguan.

- a. Gangguan terhadap kesehatan

Suatu kenyataan bahwa air limbah sangat berbahaya terhadap manusia, air limbah selain berfungsi sebagai media pembawa penyakit seperti penyakit kolera, radang usus, hepatitis infektiosa serta skhistosomatis.

- b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Akibatnya menurunnya kadar oksigen yang terlarut dalam air menyebabkan kehidupan air yang membutuhkan oksigen akan terganggu bahkan kematian dari kehidupan dalam air semakin meningkat.

c. Gangguan terhadap keindahan

Akibat dari pembusukan zat organik dari air limbah adalah yang sangat mengganggu pernafasan dan mengganggu pemandangan sekitar

d. Gangguan terhadap kerusakan benda

Biasanya menyebabkan karatan pada benda yang terbuat dari besi, menimbulkan kerak dan pengikisan pada badan air.

Berdasarkan dampak yang dapat ditimbulkan, maka diperlukan baku mutu untuk penanganan limbah industri gula. Hasil yang telah dicapai selama ini dalam upaya menangani masalah lingkungan tidak mengecewakan, hal ini terlihat antara lain dengan meningkatnya kesadaran masyarakat industri. Akan pentingnya mengintegrasikan aspek lingkungan dalam setiap kegiatan yang dilakukan.

Baku mutu Limbah cair dalam tabel 2.5.1 memperhatikan hasil teknologi pengolahan terbaik yang sekarang tersedia dan dapat dilaksanakan secara murah di Indonesia. Baku mutu ini akan diterapkan pada semua pengoprasian yang baru dan pengembangannya serta semua pengoperasian pada tahun 1995.

Pabrik modern dengan sistem penggunaan air yang efisien (air pendingin berdaur ulang, air pendingin yang lewat bersih dapat langsung dibuang atau air pendingin yang didaur ulang) dan sistem – sistem pengolahan limbah yang dapat menurunkan laju air limbah dibawah 5,0 m<sup>3</sup>/ton produk gula.

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (g/ton)
BOD <sub>5</sub>	60	30
COD	100	50
TSS	50	25
Minyak dan Lemak	5	2,5
Sulfida (sebagai S)	0,5	0,25
pH	6,0 - 9,0	
kuantitas limbah paling tinggi	0,5 m <sup>3</sup> per ton tebu yang diolah	

ton tebu yang diolah per hari = *Ton Cane per Day* (TCD)

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIK INDONESIA,

BALTHASAR KAMBUAYA

**Tabel 2.1** Baku Mutu Limbah Cair Industri Gula

Namun demikian sesuai dengan surat keputusan kementrianlingkunganhidup tahun 2014, disamping baku mutu limbah industri gula untuk sebagai dasar menjaga kualitas lingkungan dapat juga digunakan untuk mengidentifikasi hal – hal sebagai berikut :

1. Limbah yang dihasilkan dari berbagai kegiatan usaha ternyata masih menimbulkan berbagai masalah pencemaran lingkungan. Selain itu jumlah limbah terus meningkat dan karakteristiknya semakin kompleks.
2. Pengendalian pencemaran melalui pengolahan limbah setelah terbentuk atau lebih dikenal sebagai end-offpipe approach, ternyata jauh lebih mahal dari pada upaya pencegahan yang dilakukan sejak dini.
3. Masalah lingkungan berkembang menjadi faktor yang mempengaruhi daya saing produk dalam perdagangan nasional.
4. Penelitian dan pelaksanaan strategi bersih sebagai salah satu strategi dalam pengelolaan lingkungan hidup diberbagai negara menunjukkan hasil yang efektif dalam mengatasi dampak lingkungan, disamping perangkat hukum, peraturan perundang – undangan dan pengawasan serta instrument ekonomi.

Oleh karena itu sudah saatnya Indonesia juga menjadikan strategi produksi bersih sebagai salah satu strategi dalam melaksanakan kebijakan nasional pengolahan lingkungan hidup di Indonesia. Umumnya aplikasi pengolahan lingkungan hidup saat ini masih difokuskan pada pendekatan pengolahan limbah ujung pipa. Pendekatan ini memerlukan investasi yang relatif tinggi biaya operasional dan pemeliharaan. Meskipun terdapat keuntungan aktifitas memperkecil limbah, ada sejumlah rintangan terhadap pelaksanaannya. Rintangan lain terhadap perubahan meliputi fakta bahwa pencegahan polusi limbah berbahaya efektif disebuah pabrik memerlukan riset dan pengembangan, rancangan proses, pengolahan produksi dan berbagai fungsi perusahaan lain guna melaksanakan perubahan pada proses produksi.

Maka dari itu diperlukan berbagai macam pengolahan untuk proses pengolahan limbah industri gula. Secara umum bentuk kontrol polusi air yang telah dilakukan adalah dengan cara mengalirkan limbah ke unit pengolahan limbah (IPAL). Setelah air limbah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan baru dibuang ke badan air penerima. Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi kadar BOD, COD, partikel tersuspensi serta membunuh bakteri patogen, sehingga aman dibuang ke lingkungan.

## **II.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan Industri Gula**

Bangunan Pengolahan Air Buangan Industri Gula mempunyai kelompok tingkat pengolahan, pengolahan air buangan dibedakan atas :

### **II.2.1 Preliminary treatment**

#### **1. Screen**

Pada umumnya screen terdapat dua tipe, yaitu penyaring kasar (*coarse screen*) dan penyaring halus (*fine screen & micro screen*). Adapun fungsi-fungsi dari screen tersebut.

##### **a. Penyaring kasar (*coarse screen*)**

Screen ini berbentuk seperti batangan paralel yang biasa dikenal dengan "*bar screen*". Berfungsi untuk menyaring padatan kasar yang berukuran dari 6-150 mm, seperti ranting kayu, kain, dan sampah –sampah lainnya, mengenai kriteria *coarse screen* dapat dilihat pada tabel 2.2. Dalam pengolahan air limbah screen ini digunakan untuk melindungi pompa, valve, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda –benda tersebut. Bar screen terbagi lagi menjadi dua, yaitu secara manual pada gambar 2.2 maupun mekanik pada gambar 2.3.

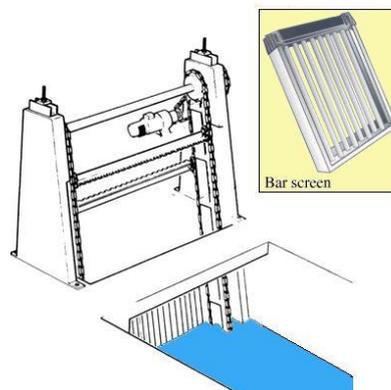
**Tabel 2.2. Kriteria Coarse Screen**

<i>Bagian-bagian</i>	<i>Manual</i>	<i>Mekanikal</i>
Ukuran kisi		
- Lebar	5 – 15 mm	05 – 15 mm
- Dalam	25 – 38 mm	25 – 38 mm
Jarak antar kisi	25 – 50 mm	15 – 75 mm
Sloop	30 <sup>0</sup> - 40 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup> - 30 <sup>0</sup>
Kecepatan melalui bar	0.3 – 0.6 m/det	0.6 – 1.0 m/det
Head Loss	150 mm	150 - 600 mm

(Tabel 5-2. Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004)



**Gambar 2.2. Bar Screen Manual**



**Gambar 2.3. Bar Screen Mekanikal**

a. Penyaring halus (*fine screen*)

Penyaring halus (*fine screen*) berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. Screen ini dapat di gunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Preliminary Treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*Primary Treatment*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Premilinary Treatment*) adalah seperti, ayakan kawat (*static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*) pada gambar 2.4, atau seperti anak

tangga (*step type*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama ( seperti pada pengolahan pengendapan pertama /*primary clarifier*) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0,13 m<sup>3</sup>/dt. Macam-macam *fine screen* dapat dilihat pada tabel 2.3. Screen tipe ini dapat meremoval BOD dan TSS, untuk mengetahui berapa persen dapat meremoval BOD dan TSS dapat dilihat pada tabel 2.4.



**Gambar 2.4. Rotary Drum Screen**

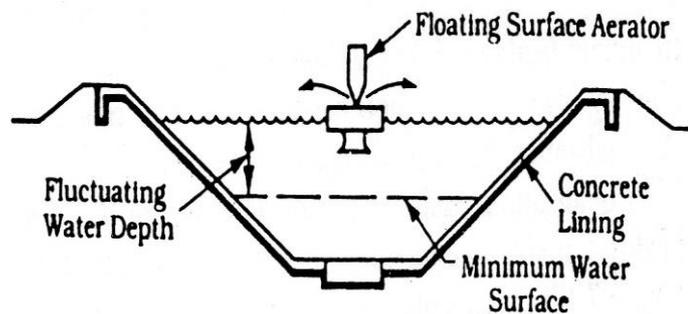
**Tabel 2.3. Macam-macam Fine Screen**

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen	Penggunaan
	Klasifikasi	Range Ukuran			
	Ukuran	In	Mm		
Miring (Diam)	Sedang	0,01 - 0,1	0,25 - 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel	Pengolahan Primer
Drum (berputar)	Kasar	0,1 - 0,2	2,5 - 5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel.	Pengolahan Pendahuluan
	Sedang	0,01 - 0,1	0,25 - 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel.	Pengolahan Primer
	Halus		6 - 35 $\mu$ m	Stainless-steel dan kain polyester.	Meremoval residual dari suspended solid sekunder
<i>Horizontal reciprocating</i>	Sedang	0,06 - 0,17	1,6 - 4	Batangan stainless-steel	Gabungan dengan saluran air hujan
<i>Tangential</i>	Halus	0,0475	1200 $\mu$ m	Jala-jala yang terbuat dari stainless-steel	Gabungan dengan saluran pembawa

(Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004)

## 2. Bak Equalisasi

Berfungsi untuk mengendapkan butiran kasar dan merupakan unit penyeimbang, sehingga debit dan kualitas air buangan yang masuk ke instalasi pengolahan dalam keadaan seimbang dan tidak berfluktuasi, dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5. Bak Equalisasi**

Berfungsi untuk meminimalkan atau mengontrol fluktuasi dari karakteristik air limbah yang diolah agar memberikan kondisi optimum pada proses pengolahan selanjutnya. Ukuran dan tipe bak equalisasi tergantung pada kuantitas limbah dan perubahan aliran limbah.

Tujuan proses equalisasi untuk mengolah limbah industri adalah :

- Mengurangi fluktuasi bahan organik yang diolah untuk mencegah *shock loading* pada proses biologis.
- Mengontrol pH atau meminimumkan kebutuhan bahan kimia yang diisyaratkan untuk proses netralisasi.
- Meminimumkan aliran pada proses pengolahan fisik – kimia dan mengetahui rata-rata kebutuhan bahan kimia.
- Memberikan kapasitas untuk mengontrol aliran limbah.
- Mencegah tingginya konsentrasi bahan berbahaya yang masuk pada proses pengolahan biologis.

Pencampuran selalu diberikan pada proses equalisasi dan untuk mencegah pengendapan zat padat pada dasar bak. Pada proses pencampuran, oksidasi dapat

mengurangi bahan organik atau BOD oleh udara dalam air limbah dari proses pencampuran dan aerasi. Metode yang digunakan pada proses pencampuran antara lain (Eckenfelder, 2000).

## II.2.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

### 1. Flotasi

Berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel suspensi, seperti minyak, lemak dan bahan-bahan apung lainnya yang terdapat dalam air limbah dengan mekanisme pengapungan. Berdasarkan mekanisme pemisahannya :

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.

Bisa 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 ( $\square 0,2 \text{ m}^3 \text{ udara} / (\text{m}^3) \text{ air limbah}$ ). Semakin kecil ukuran gelembung udara maka proses flotasi akan semakin sempurna.

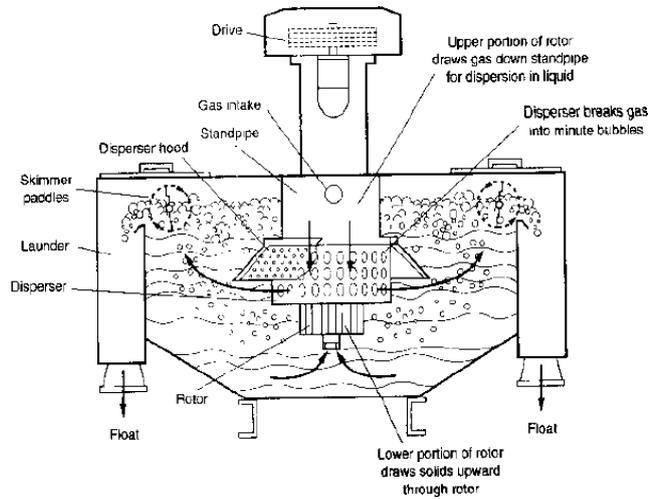
Ada empat metode flotasi antara lain (Metcalf & Eddy, 2003) :

#### a. *Spontaneous Flotation*

Flotasi akan terjadi secara spontan apabila massa jenis dari partikel lebih kecil dari massa jenis air.

#### b. *Dispersed Air Flotation*

Gelembung udara terbentuk karena adanya tekanan udara yang masuk ke cairan melalui diffuser atau impeller berputar.



**Gambar 2.6** *Dispersed Air Flotation*

c. *Vacuum Flotation*

Pelarutan udara di dalam air buangan pada tekanan atmosfer, kemudian di vakumkan dengan tekanan yang lebih rendah maka akan menurunkan kelarutan udara dalam air, udara akan keluar dari larutan dalam bentuk gelembung yang halus.

d. *Dissolved Air Flotation (DAF)*

Udara dilarutkan di dalam air buangan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, ke tekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung-gelembung udara yang sangat halus.

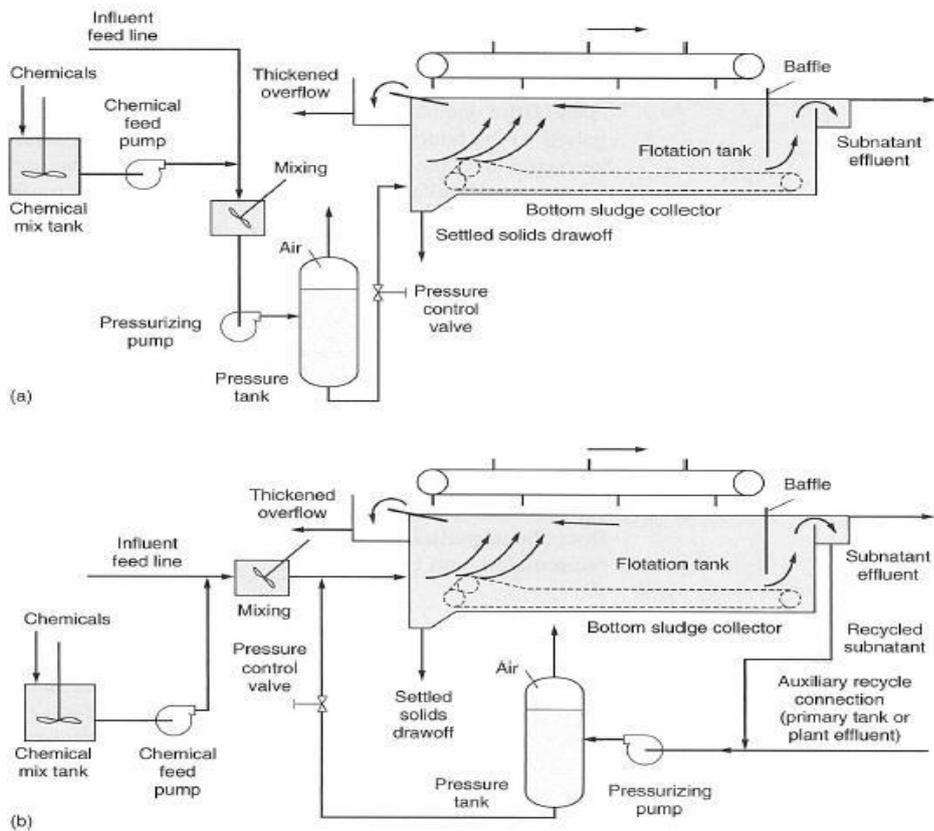


**Gambar 2.7** *Diffuser*

**Tabel 2.4** Spesifikasi *Diffuser*

Model	CCD-144	CCD-80
Disc Diameter (mm)	144	80
Bubble Dimension (mm)	6-12	3-6
Material	ABS/PU	ABS/PU
Connection (PTB Inch)	1 or 3/4	3/4
Installation	Down or Up	Down or Up
Standard Flow Rate (L/Min)	300-400	150-200
Weight (g)	135	55

(Sumber : <http://www.en-found.com/diffuser.htm>)



**Gambar 2.8** *Dissolved Air Flotation* (a) tanpa resirkulasi, (b) dengan resirkulasi

Dari keempat metode di atas, metode *Dissolved Air Flotation* (DAF) telah digunakan secara luas untuk pengolahan air limbah industri, karena efisien untuk pemisahan padat – cair pada material dengan *specific gravity* yang < 1 atau tinggi.

**Tabel 2.5** Kriteria Perencanaan Flotasi

Keterangan	Simbol	Besaran	Satuan	Sumber
Tekanan udara	P	275-350	KPa	Metcalf, 420
<i>Air to solid ratio</i>	A/S	0,005-0,06	-	Metcalf, 422
<i>Surface loading rate</i>	SLR	8-160	L/m.min	Metcalf, 423
Fraksi udara terlarut pada tekanan P	F	0,5	-	Metcalf, 423
Daya larut udara	Sa	15,7-29,2	mL/L	Metcalf, 423
Waktu detensi tangki tekan	Td	1-3	Menit	Eckenfelder, 113
flotasi		20-30		Eckenfelder, 112

**Rumus yang digunakan :**

- Operasi tanpa resirkulasi

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3Sa (fP - 1)}{Sa}$$

- Operasi dengan Resirkulasi

$$A/S = \frac{1,3.Sa.(fp - 1).R}{Q.Xo}$$

Dengan :

A/ S = Perbandingan udara dengan padatan, 0,005 – 0,06 (mL udara/mg padatan)

Sa = Kelarutan udara (mL/L)

Temp., ° C	0	10	20	30
Sa, mL/L	29,2	22,8	18,7	15,7

f = Fraksi udara terlarut pada tekanan P, biasanya 0,5–0,8

P = Tekanan (atm)

Q = Debit Aliran ( m<sup>3</sup>/hr )

- Tekanan pada atm

$$P = \frac{P + 101,35}{101,35}$$

Dengan :

P = Gage pressure, lb/in<sup>2</sup> gage, 275 – 350 (kPa)

$$\frac{p + 14,7}{14,7} = ( \text{U.S. customary units} )$$

$$\frac{p + 101,35}{101,3} = ( \text{SI units} )$$

( *Metcalf and Eddy, 1991, hal 426* )

- Debit total (Qtot)

$$Q_{tot} = Q_{flot} + R$$

Dengan :

Q = debit (m<sup>3</sup>/hari)

R = debit recycle (m<sup>3</sup>/hari)

- Prosen recycle

$$\% R = R/Q \times 100\%$$

- Luas permukaan (A)

$$A = \frac{Q_{tot} \text{ (lt/hr)}}{SLR \text{ (60 mnt/jam} \times 24 \text{ jam/hr)}}$$

Dengan :

SLR = Surface Loading Rate = 8 – 160 l/m<sup>2</sup> menit

- Vol. Bak (V)

$$V = Q_{tot} \times t_d$$

Dengan :

t<sub>d</sub> = waktu detensi = 20 – 30 menit

- Dimensi bak

$$Vol = P \times L \times h$$

- Jari – jari hidrolis (R)

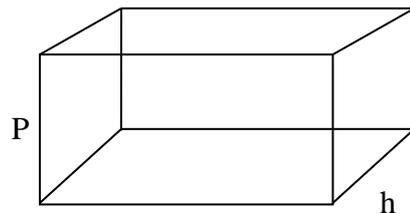
$$R = \frac{B \times H}{B + 2H}$$

- Kecepatan di bak flotasi (V)

$$V = Q/A$$

- Head loss (H<sub>f</sub>)

$$H_f = \left( \frac{n \times V}{R^{2/3}} \right)^2$$



Dengan :

n beton = 0,015

- Minyak dan lemak tersisih

$$= \text{influen} \times \% \text{removal}$$

Dengan :

%Removal di bak flotasi = 80 – 90%

- Effluen minyak dan lemak dari bak flotasi

$$= \text{influen} - \text{minyak dan lemak tersisih}$$

### **II.3 Secondary Treatment (Pengolahan Sekunder)**

Pengolahan sekunder akan memisahkan koloidal dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dilakukan secara aerobik maupun anaerobik dengan efisiensi reduksi BOD antara 60 - 90 % serta 40 - 90 % TSS.

(sumber : Syed R.Qasim, *Wastewater Treatment Plants Planning, Design, and Operation*, hal.52).

#### **II.3.1. Proses Biologi secara Aerobik**

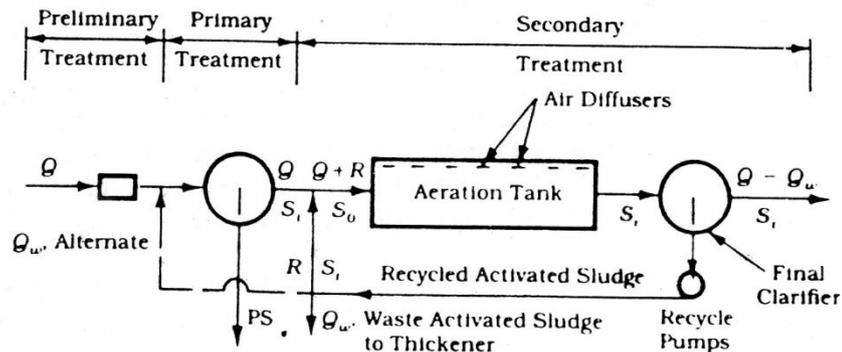
Unit proses pengolahannya antara lain:

- a. Activated Sludge

Untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi. Adapun proses didalam activated sludge, yaitu:

- a) Konvensional

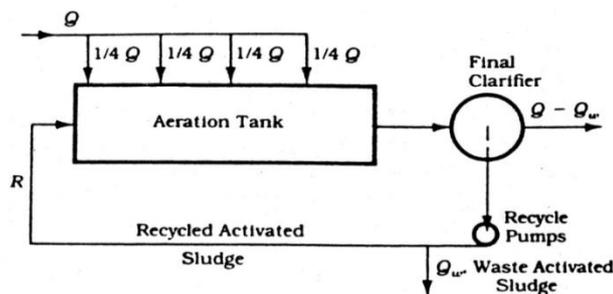
Pada sistem konvensional terdiri dari tanki aerasi, secondary clarifier dan recycle sludge. Selama berlangsungnya proses terjadi absorpsi, flokulasi dan oksidasi bahan organik. Gambar 2.9 merupakan activated sludge sistem konvensional



**Gambar 2.9 Activated sludge sistem konvensional**

b). Non Konvensional

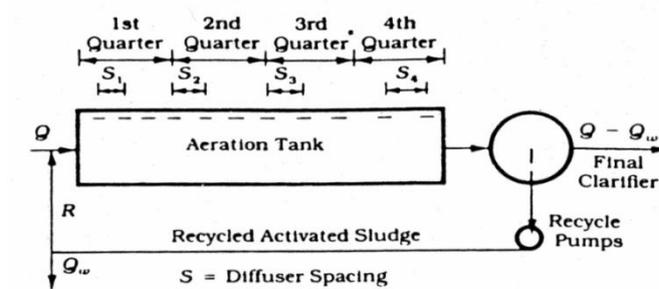
- Step Aeration
  - Merupakan type plug flow dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet.
  - Inlet air buangan masuk melalui 3 - 4 titik ditanki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen titik yang paling awal.
  - Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek. Gambar 2.10 merupakan gambar dari step aerasi



**Gambar 2.10 Step Aerasi**

- Tapered Aeration

Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara titik awal lebih tinggi. Gambar 2.11 bangunan tapered aeration.



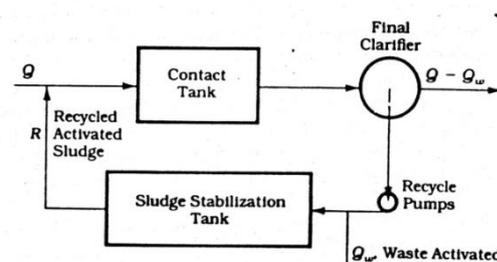
**Gambar 2.11 Tapered Aeration**

- Contact Stabilization

Pada sistem ini terdapat 2 tanki yaitu :

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

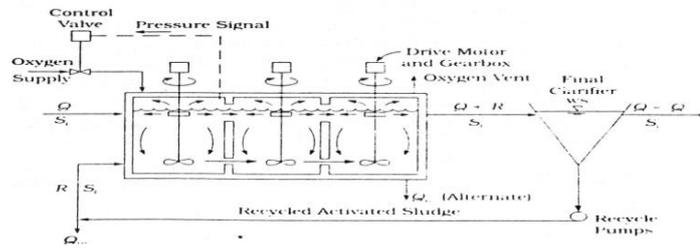
Gambar 2.12 merupakan diagram alir dari contact stabilization.



**Gambar 2.12 Contact Stabilization**

- Pure Oxygen

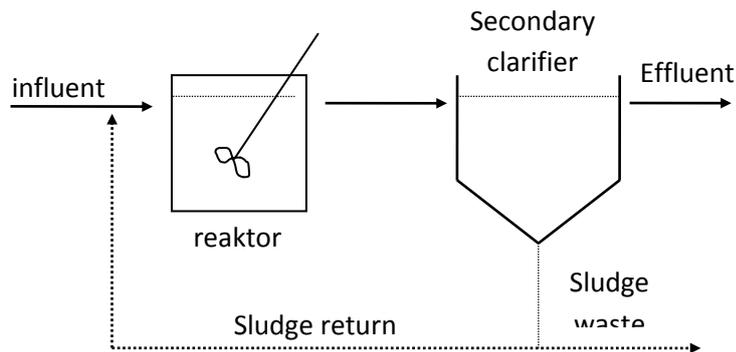
Oksigen murni diinjeksikan ke tanki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan td pendek. Gambar 2.13 merupakan sistem dari pure oxygen.



**Gambar 2.13 Pure Oxygen**

- High Rate Aeration

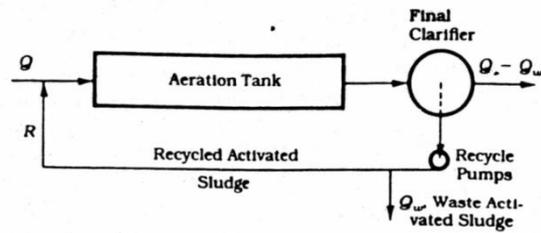
Kondisi ini tercapai dengan meninggikan harga rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1 - 5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganisme yang lebih besar. Gambar 2.14 proses dari high rate aeration.



**Gambar 2.14 High Rate Aeration**

- Extended Aeration

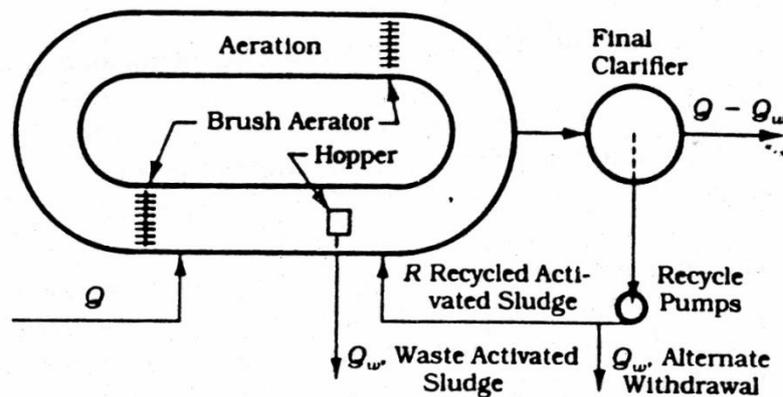
Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention (td) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit. Proses dari extended aeration dapat di lihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Extended Aeration

- Oxydation Ditch

Bentuk oksidation ditch adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s. Proses dari oxydation ditch dapat di lihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Oxydation Ditch

Rumus yang digunakan :

- Rasioresirkulasi  $R = \frac{X_o}{X_r - X_o}$
- Konsetrasilimbah di dalam bak aerasi  

$$C_o = \frac{C_a + R(C_e)}{1 + R}$$
- Waktudetensi ( $\theta h$ )

$$\frac{F}{M} = \frac{C_0}{\theta_h * X_0} \quad (\text{Metcalf 2}^{nd} \text{ edition page 470, Eq. 9-42})$$

- Volume reactor ( $V_r$ )

$$\theta_h = \frac{V_r}{(QR + Q)} \quad (\text{Qosim, page 306, Eq.13- 24})$$

## II.4 Persen Removal

**Tabel 2.6 Persen Removal Macam – Macam Bangunan**

Unit Pengolahan	% Removal	Sumber
<b>I. Pre Treatment</b> a. Sceening  b. Comunitor	20 - 35 % SS  5 - 10 % BOD  5 - 10 % COD  0 - 20 % SS	- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 156  - WWETDR, Metcalf and Eddy, hal 456
<b>II. Primary Treatment</b>  a. Flotasi  b. bak Pengendap I	85 % - 90 % M/L  50% - 70 % SS  25% - 40% BOD  25% - 40% COD	-7 Eckendfelder , Hal 78  - WWETDR, Metcalf and Eddy, hal 337  - WWETDR, Metcalf and Eddy, hal 396

<b>III.Secondary Treatment</b>		
1. Activated Sludge	80 - 85 % COD 80 - 85 % TSS 80 - 90 % N	- WWETDR, Metcalf and Eddy, hal 337  - Pengolahan air buangan secara biologis, Bowo joko hal 30
a. Step Aerator	85 - 95 % BOD	- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 328
b. Tapered Aerator	80 - 95 % BOD	- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 328
c. Contact Stabilization	80 - 95 % BOD	- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 328
d. Pure Oksigen	80 - 95 % BOD	- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 328

e. Oxidation Ditch	80 - 95 % BOD	- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 328
f. High rate Aeration	75 - 90 % BOD	- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 328
g. Extended Aeration	75 - 90 % BOD	- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 328
		- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 328

## II.5 Profil Hidrolis

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat Profil Hidrolis, antara lain :

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam

bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu :

- a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
  - b. Kehilangan tekanan pada bak
  - c. Kehilangan tekanan pada pintu
  - d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus
2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris
    - a. Kehilangan tekanan pada perpipaan
    - b. Kehilangan tekanan pada assesoris
    - c. Kehilangan tekanan pada pompa
    - d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
  3. Tinggi muka air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi dikarenakan 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. Tambahkan 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.