



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Tentang Gula

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses produksi gula ini adalah tebu. Tebu yang mengandung klorofil akan membentuk glukosa dan fruktosa yang akan diubah menjadi sakarosa dan disimpan dalam batang tebu. Gula dan glukosa merupakan kimia organik, golongan karbohidrat dengan rumus : $C_{12}H_{22}O_{11}$ (sukrosa) $\rightarrow C_6H_{12}O_6$ (glukosa) + $C_6H_{12}O_6$ (fruktosa). Sukrosa mudah larut dalam air, mempunyai rasa yang sangat manis dan banyak terdapat dalam tubuh hewan, tumbuhan dan manusia.

Di Pabrik Gula, bahan baku yang dipakai adalah tebu, demikian juga dengan pabrik-pabrik lainnya yang memproduksi gula. Hal ini disebabkan tebu banyak terdapat di Indonesia karena iklim dan keadaan tanahnya lebih cocok untuk pertumbuhan tebu.

- **Bahan pembantu**

Adalah bahan – bahan yang digunakan membantu proses produksi untuk mendapatkan kemurnian nira sesuai dengan yang diinginkan. Bahan pembantu ini ditambahkan dalam nira berupa kapur (susu kapur), fosfat, dan SO_2 . Untuk memperbaiki hasil nira jernih adalah sebagai berikut :

- a. Fosfat (P_2O_5)

Kadar fosfat pada nira, dinyatakan dalam derajat phosphatisasi (mg P_2O_5 / 1 nira) dan harus standart tergantung pada kondisi dan macam operasi. Berfungsi untuk membentuk endapan dengan kapur dan menyerap koloid serta bertindak sebagai inti endapan

- b. $Ca(OH)_2$ atau susu kapur

Berfungsi untuk :

- 1) Menaikkan pH nira pada Defikator I yang semula 6,3 menjadi 7,2 – 7,4 dan pada Defikator II yang semula 7,2 menjadi 8,6 – 8,8.
- 2) Mencegah adanya inverse



3) Membentuk flok dan mengendapkan kotoran dalam nira.

c. Gas belerang (SO_2)

Berfungsi untuk :

1) Menetralkan pH menjadi 7,2 – 7,4.

2) Memperlambat pembentukan warna karena pengaruh reduksi asam sulfat

d. Flokulan (susu kapur)

Suatu senyawa kimia yang selalu bermuatan negatif dalam nira yang akan membentuk ikatan berantai sehingga akan mengendap bersama – sama dengan kotoran nira.

e. Soda ash (abu soda)

Berfungsi sebagai pelunak kerak pada evaporator

Karakteristik Limbah Industri

Karakteristik air limbah perlu dikenal, karena hal ini akan menentukan cara pengolahan yang tepat, sehingga tidak mencemari lingkungan hidup. Karakteristik air limbah secara garis besar digolongkan sebagai berikut :

a. Karakteristik Fisik

Sebagian besar terdiri dari air dan sebagian kecil terdiri dari warna, bau, suhu kekeruhan, dan padatan tersuspensi.

b. Karakteristik Kimia

Biasanya air buangan ini mengandung campuran zat-zat kimia anorganik yang berasal dari air bersih serta macam-macam zat organik berasal dari penguraian tinja, urine dan sampah-sampah lainnya.

c. Karakteristik Biologi

Kandungan bakteri pantogen serta organisme golongan coli terdapat juga dalam air limbah tergantung dari mana sumbernya, namun keduanya tidak berperan dalam proses pengolahan air buangan.

Dampak Air Limbah

Sesuai dengan batasan dari air limbah yang merupakan benda sisa maka sudah tentu bahwa air limbah merupakan benda yang sudah 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 setempat, diketahui bahwa buangan air limbah dari pabrik gula banyak dimanfaatkan masyarakat untuk irigasi persawahan. Pembuangan ini dapat berdampak buruk jika tidak adanya pengolahan, dan dampak negatif yang ditimbulkan antara lain :

a. Pengaruh Air Limbah Terhadap Kesehatan

Salah satu dampak buruk limbah cair bagi kesehatan dan lingkungan, diantaranya menurut Alloway (1990). Air limbah yang mengandung mikroorganisme dapat menimbulkan gangguan kesehatan, diantaranya : Entamoeba Histoliticaprotzo yang dikeluarkan bersama tinja yang dapat menyebabkan Amoebiasis (penyakit usus) dan lain-lainnya.

b. 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 diijinkan, maka kadar oksigen akan menurun karena digunakan oleh bakteri pengurai. Namun bila tidak ada sumber pencemar baru yang masuk ke dalam badan air penampung, maka makin lama akan mengalami self purification di dalam perjalanannya karena faktor-faktor pencemaran, suhu kecepatan aliran, kemampuan absorpsi, kemampuan fotosintesis dan lain-lain.

Sugiharto (1987), menyatakan bahwa efek buruk dari air 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 infeksiosa serta skhistosomoatis.

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 pembusukkan zat organik dari air limbah adalah yang sangat menusuk hidung dan mengganggu pemandangan sekitar.

d. Gangguan terhadap kerusakan benda

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

Limbah Industri Gula

Limbah adalah sesuatu (mahluk hidup, materi, energi atau zat yang berbeda ditempat dan waktu yang tidak sesuai peruntukannya. Yang dimaksud pencemaran lingkungan adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan kedalam lingkungan dan menyebabkan berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu sehingga kondisi lingkungan turun atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (UU Lingkungan Hidup no. 42 Pasal 1 ayat 7 tahun 2002).

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 bila berada dalam keadaan lain, tempat dan waktu yang berbeda.

Ada beberapa macam limbah yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas dan limbah beracun / berbahaya (B-3). Limbah yang tidak sesuai peruntukannya, diperlukan adanya pengolahan. Prinsip pengolahan limbah adalah mengubah zat - zat beracun dalam limbah menjadi zat - zat yang tidak beracun dan berbahaya, menyelesaikan masalah secara tuntas dan tidak memindahkan masalah. Sedangkan tujuan dari pengolahan limbah adalah membuat limbah sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lingkungan.



Limbah Cair Industri Gula

Limbah cair yang dihasilkan Pabrik Gula diantaranya adalah:

a. Limbah cair polutan

Limbah cair polutan berasal dari pendingin metal gilingan, air exskrapan BP, dan air soda pelunak kerak. Limbah ini kemudian diolah pada instalasi pengolahan limbah (IPAL). Sistem penyaluran air limbahnya menggunakan saluran berbentuk gorong-gorong. Setelah dilakukan pengolahan baru dibuang ke sungai Co Kenongo setelah memenuhi standart baku mutu.

b. Limbah cair non Polutan

Limbah cair non polutan berasal dari air jatuhan BP, Masakan, Vacum Filter, Air pendingin trog, dan Air blowdown ketel yang diolah di spray ponds. Limbah tersebut tidak mengandung polutan tetapi memiliki suhu yang tinggi. Oleh karena itu treatment perbaikan mutu limbah hanya menekankan pada penurunan suhu. Setelah itu digunakan kembali ke dalam proses (semi close loop).

Limbah Padat Industri Gula

Limbah padat yang dihasilkan Pabrik Gula ada 2 macam, yaitu :

a. Blotong

Blotong berasal dari nira kotor pada stasiun pemurnian setelah melalui penyaringan pada rotary vacuum filter menghasilkan nira tapis, yang diproses lagi, dan blotong yang tertahan disaringan (screen), yang ditampung di bak penampung blotong. Blotong ini dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk pertanian.

b. Abu

Abu ketel adalah bahan tersisa dari hasil pembakaran ampas pada stasiun ketel.

Limbah Gas atau Udara Industri Gula

Limbah gas Pabrik Gula berasal dari :

a. Gas sisa pembakaran yang berupa debu. Berasal dari pembakaran di stasiun ketel. Cara penanggulangannya yaitu dengan cara dilewatkan alat pengendali limbah udara (pengendalian wet scrubber) dengan sasaran agar debu



yang tertangkap sebanyak mungkin dan debu yang ikut bersama gas ke udara sedikit mungkin.

- b. Gas dari cerobong gas buang Diesel Generator.

Limbah B3 Industri Gula

Menurut PP No.101/2014 Tentang : Pengelolaan Limbah B3; Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, disingkat Limbah B3 adalah zat energi dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi dan/atau jumlahnya baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan Makhluk hiduplain. Di Pabrik Gula terdapat beberapa jenis limbah B3 yang diantaranya :

- a. Accu Bekas
- b. Oli Bekas
- c. Neon Bekas
- d. Majun / Kain Bekas

Baku Mutu Limbah Cair Industri Gula

Hasil-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 pengoperasian yang barudan pengembangannya serta semua pengoperasian pada tahun 1995.

Pabrik modern dengan sistem penggunaan air yang efisien (air pendingin berdaur ulang, air pendingin sekali lewat bersih yang dapat langsung dibuang atau air pendingin yang didaur ulang) dan sistem-sistem pengolahan limbah yang dapat menurunkan laju alir limbah di bawah $5.0 \text{ m}^3/\text{ton}$ produk gula.



Tabel 2.1. Baku mutu limbah cair industri gula

Baku Mutu Limbah Cair Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014					
No.	Parameter	Air Limbah Proses		Airlimbah Condensor	
		Kadar maksimum (mg/l)	Beban pencemaran maksimum (g/ton)	Kadar maksimum (mg/l)	Beban pencemaran maksimum (g/ton)
1	BOD5	60	30	60	30
2	COD	100	50	100	50
3	TSS	50	25	50	25
4	Minyak dan lemak	5	2,5	5	2,5
5	Sulfida (sbg H ₂ S)	0,5	0,25	0,5	0,25
6	pH	6 – 9		6 – 9	
7	Kuantitas Limbah maksimum	0,5 m ³ /ton tebu yang diolah		25 m ³ /ton tebu yang diolah	

Pengolahan Limbah Cair

Secara umum bentuk kontrol polusi air yang telah dilakukan adalah dengan cara mengalirkan limbah ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Setelah air limbah memenuhi baku mutu yang telah di tentukan baru dibuang ke badan air penerima.

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi kadar BOD, COD, partikel tersuspensi serta membunuh bakteri pathogen, sehingga aman buang ke lingkungan.

Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar kadar pencemar yang ada tersebut dapat dikurangi. Proses pengolahan yang digunakan untukmengolah limbah, khususnya air limbah terdiri dari :



- a. Pengolahan secara fisik (*Primary Treatment*)
- b. Pengolahan secara biologis (*Secondary Treatment*)
- c. Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)
- d. Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment Primary Treatment*)

1. *Primary Treatment* (Pengolahan secara fisik)

Pengolahan air limbah secara fisik merupakan pengolahan awal (*primary treatment*) air limbah sebelum dilakukan pengolahan lanjutan, pengolahan secara fisik bertujuan untuk menyisahkan padatan-padatan berukuran besar seperti plastik, kertas, kayu, pasir, koral, minyak, oli, lemak, dan sebagainya. Pengolahan limbah secara fisik dimaksudkan untuk melindungi peralatan-peralatan seperti pompa, perpipaan, dan proses pengolahan selanjutnya. Pengolahan limbah secara fisik (*primary treatment*) meliputi, bar screen, grit chamber, equalisasi, sedimentasi, filtrasi, flotasi, adsorpsi.

a) *Bar screen* (*saringan*)

Bar screen berfungsi untuk menahan dan menyaring benda-benda keras dan besar seperti ranting kayu, potongan kayu, dan sampah serta mencegah rusaknya saringan berikutnya.

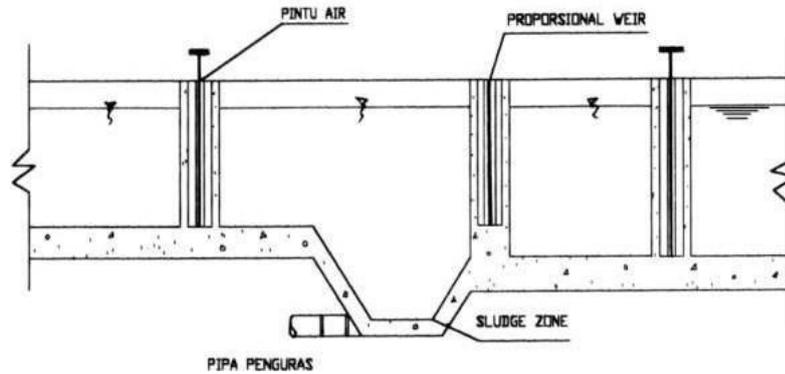
b) *Grit chamber*

Fungsinya adalah untuk mengendapkan partikel grit atau padatan tersuspensi yang berdiameter $> 0,2$ mm, seperti pasir, pecahan logam atau kaca dan butiran kasar lainnya. Kecepatan horisontal pada grit chamber harus konstan. Penghilangan grit dimaksudkan agar tidak terjadi penyumbatan di dalam pipa akibat adanya endapan kasar didalam saluran. Outlet ini dapat berupa propotional weir atau phrshall flume. Pengendapan yang terjadi pada proses ini adalah secara gravitasi.

Ada dua jenis grit chambers :

- Horizontal Flow Grit Chamber

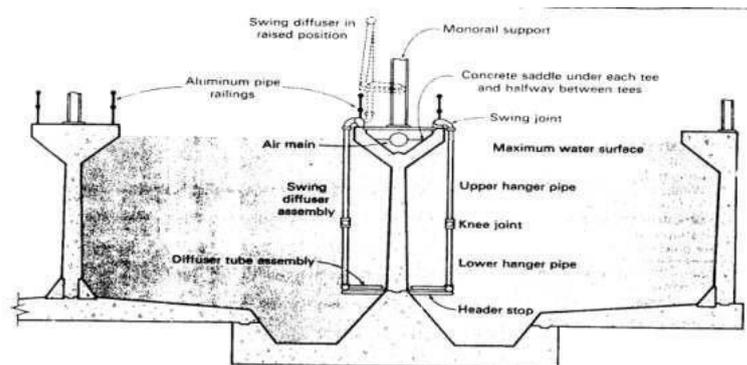
Debit yang melalui saluran ini mempunyai arah horizontal dan kecepatan aliran dikontrol oleh dimensi dan unit yang digunakan atau melalui penggunaan weir khusus pada bagian effluen.



Gambar. 2.1 Horizontal Grit Chamber

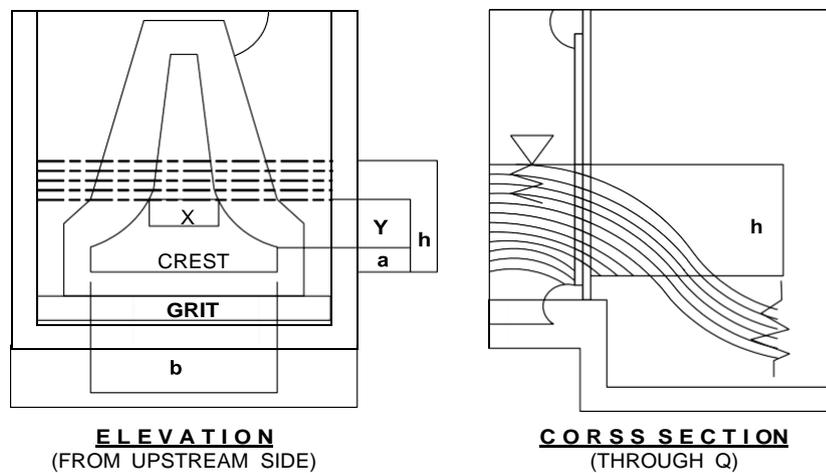
- Aerated Grit Chamber

Saluran ini merupakan bak aerasi dengan aliran spiral di mana kecepatan melingkar dikontrol oleh dimensi dan jumlah udara yang disuplai.



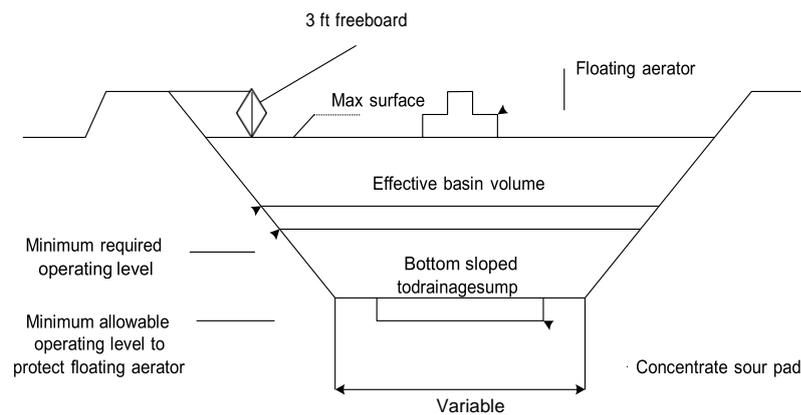
Gambar. 2.2 Aerated Grit Chamber

STEEL PLATE SCREWED TO SUUITABLE BACKING



c) *Ekualisasi*

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.



Gambar. 2.4 Potongan Memanjang Bak Equalisasi

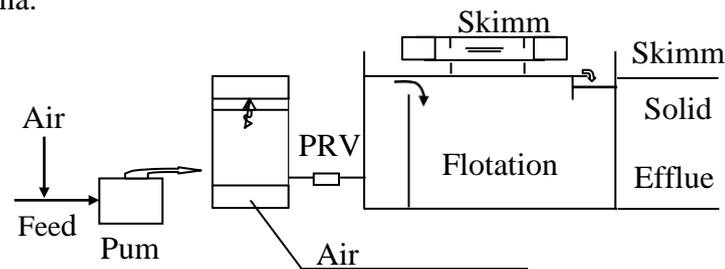
d) *Flotasi*

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

Berdasarkan mekanismenya 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 ($\pm 0,2 \text{ m}^3$ udara) untuk setiap m^3 air limbah. Semakin kecil ukuran gelembung udara maka proses flotasi akan semakin sempurna.



Gambar.2.5 Tangki Flotasi

e. *Adsorpsi*

Adsorpsi digunakan untuk memindahkan senyawa kimia tertentu dengan menggunakan adsorben karbon aktif yang mampu mengadsorpsi senyawa organik dan juga menghilangkan bau tak sedap, rasa, dan warna serta senyawa organik toksik. Wujud karbon aktif yang digunakan ialah karbon berbentuk granular. Adsorpsi dibedakan atas adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia.

2. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Pengolahan sekunder akan memisahkan koloid dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dilakukan secara aerobik maupun anaerobik dengan efisiensi reduksi BOD antara 75 - 90 % serta 90 % SS.

Macam-macam pengolahan sekunder adalah :

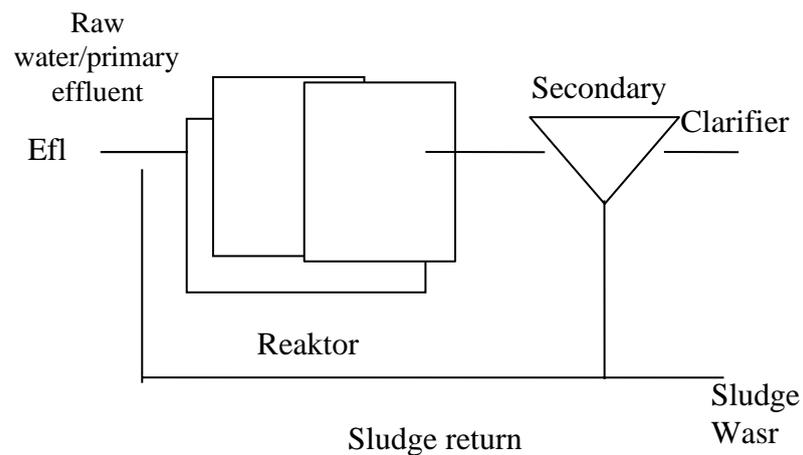
a. Pengolahan lumpur aktif (*activated sludge*)

Untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah presedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO_2 dan H_2O , sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan

dari air buangan oleh sedimentasi. Adapun proses didalam activated sludge, yaitu :

➤ Konvensional

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



Gambar 2.7 Activated Sludge Sistem Konvensional

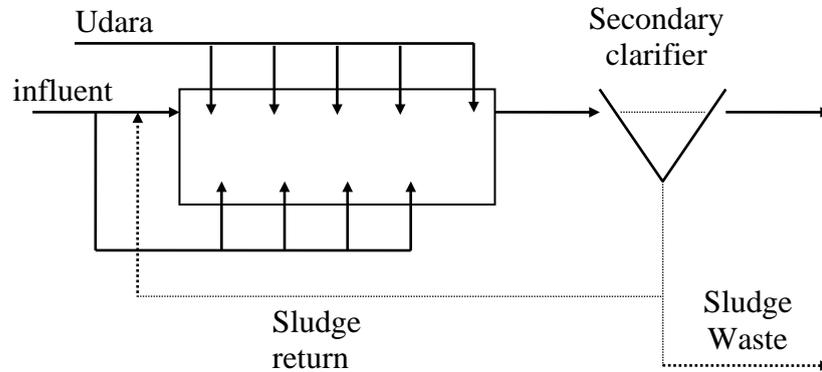
% removal : 80 – 85 % COD, 80 – 85 % Tss, 80 – 90 % N

(Sumber : Metcalf and Eddy, 2004, WWETDR, 4th edition)

➤ Non konvensional

1. Step aerasi

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



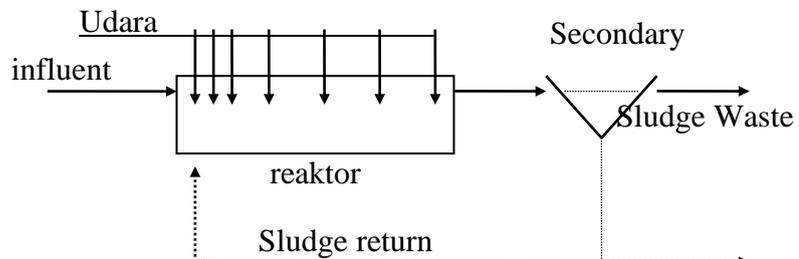
Gambar 2.8 Step Aerasi

% removal: 85 – 95 % BOD

(Sumber :Bowo Joko,2008,Pengolahan Air Buangan Secara Biologis)

2. Tapered Aerasi

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



Gambar 2.9 Tapered Aeration

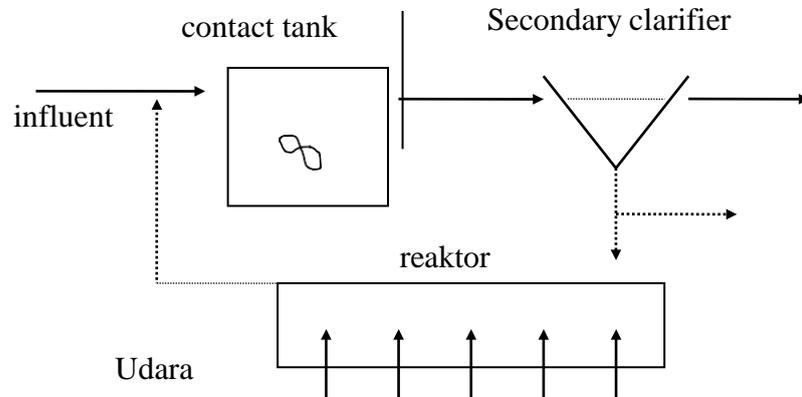
% removal : 80 – 95 % BOD

(Sumber : Syed Qasim, 1985, WWTP Planing. Desing and operation)

➤ Contact Stabilisasi

Pada sistem ini terdapat 2 tanki yaitu :

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



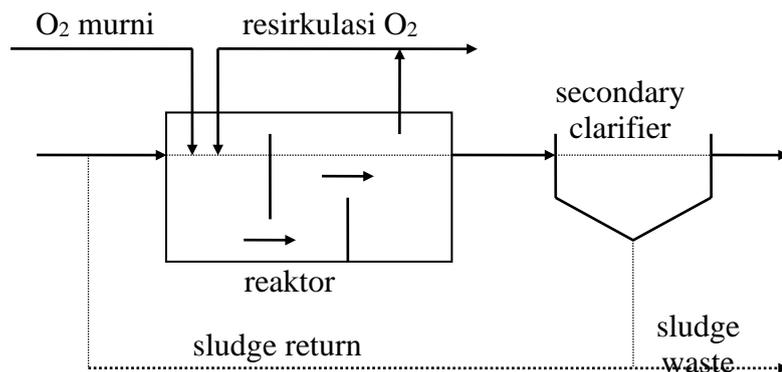
Gambar 2.10 Contact Stabilisasi

% removal : 80 – 95 % BOD

(Sumber: Syed Qasim, 1985, WWTP Planing. Desing and operation)

➤ Pure Oxygen

Oksigen murni diinjeksikan ke tanki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetrik loading tinggi dan waktu tinggal (td) pendek.



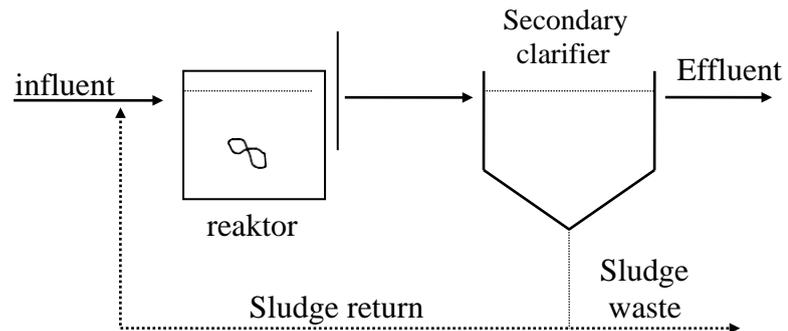
Gambar 2.11 Pure Oxygen

% removal : 80 – 95 % BOD

(Sumber : Syed Qasim, 1985, WWTP Planing. Desing and operation)

1. High Rate Aeration

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



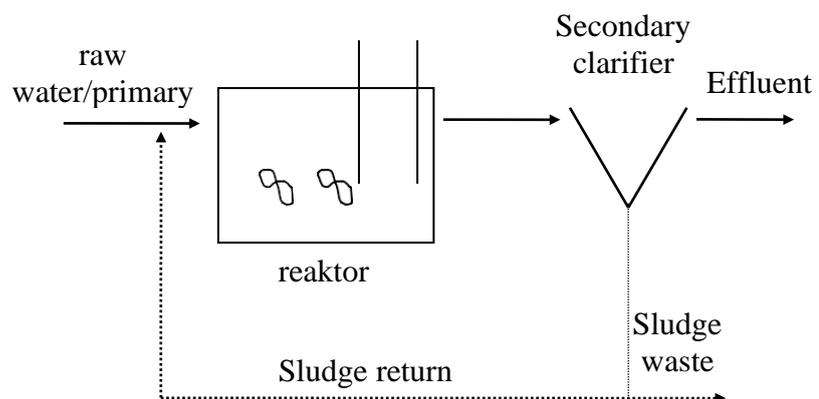
Gambar 2.12 High Rate Aeration

% removal : 75 – 90 % BOD

(Sumber : Syed Qasim, 1985, WWTP Planing. Desing and operation)

2. Extended Aeration

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



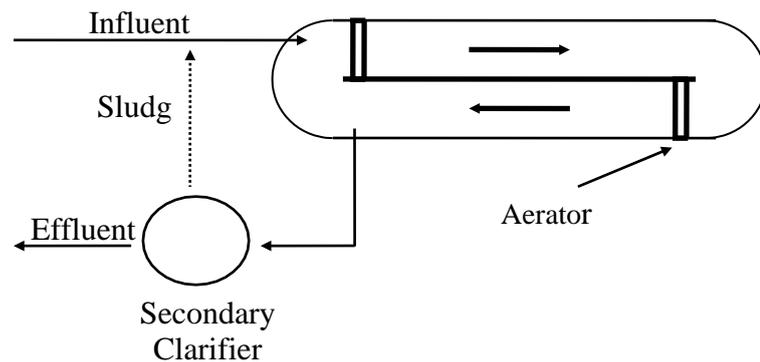
Gambar 2.13 Extended Aeration

% removal : 75 – 90 % BOD

(Sumber : Syed Qasim, 1985, WWTP Planing. Desing and operation)

3. Oxidation Ditch

Bentuk oksidation ditch adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s.



Gambar 2.14 Oxidation Ditch

% removal : 80 – 95 % BOD

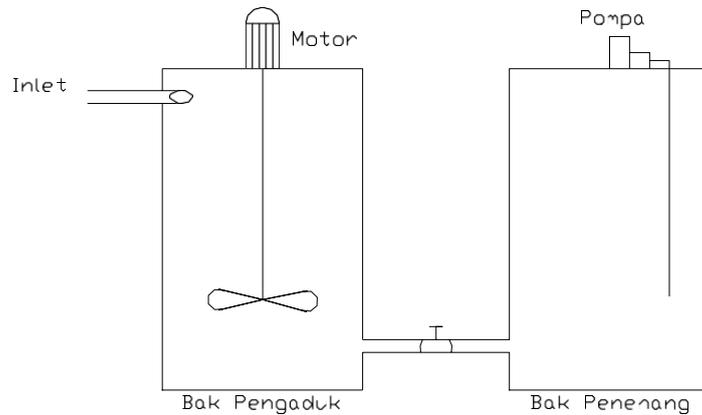
(Sumber : Syed Qasim, 1985, WWTP Planing. Desing and operation)

3. Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

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 :

➤ Chlorinasi

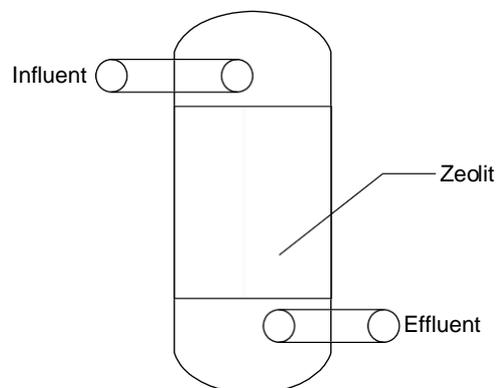
Chlorinasi merupakan salah satu desinfektan kimia yang umumnya dipakai dalam pengolahan air bersih maupun air buangan. Fungsi chlorin yang utama adalah sebagai desinfektan, tetapi fungsi lain bisa untuk penghilang bau



Gambar 2.15 Bak Chlorinasi

➤ Ion Exchange

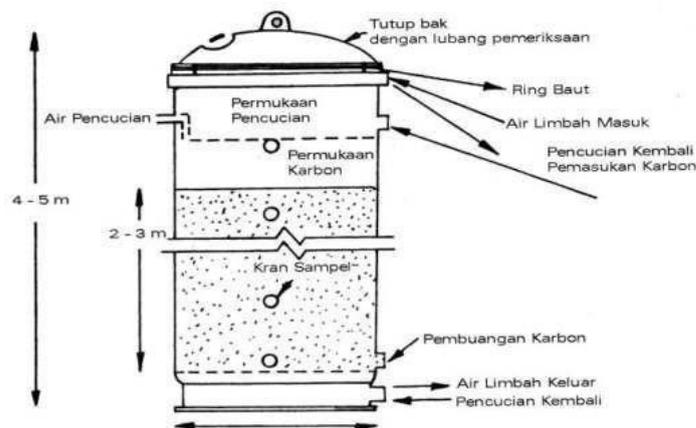
Untuk limbah cair yang bahan pencemarnya larut dan membentuk ion (bahan anorganik), pengolahannya tidak dapat dilakukan dengan cara adsorpsi, karena ion-ion cenderung menjadi permukaan yang berbatasan dengan absorber, sehingga cara pengolahan yang dipilih untuk jenis tersebut adalah pertukaran ion (ionexchange) baik ion positif maupun ion negatif. Secara garis besar prosesnya serupa dengan adsorpsi yaitu dengan mengkontakkan limbah dengan bahan aktif penukaran ion yang siap memberi ion H^+ atau OH^- ke limbah dan menerima ion positif atau ion negatif dari limbah. Keadaan jenuh juga akan dialami oleh bahan aktif penukar ion, yang pemulihan keaktifannya dapat dilakukan melalui proses regenerasi. Limbah biasanya menggunakan proses ion exchange antara lain yang mengandung logam, misalnya Na^{2+} , Ca^{2+} , Cu , Ni , Cr , Mg^{2+} , Fe , Co .



Gambar 2.16 Ion Exchange

➤ Karbon Aktif

Pengolahan air limbah dengan menggunakan karbon aktif biasanya digunakan sebagai proses kelanjutan dari pengolahan secara biologis. Organik terlarut yang tersisa juga bisa dihilangkan dengan penyerapan. Selain itu proses ini juga bisa menghilangkan bau, warna, rasa, bahan organik (fenol), merkuri dan lain-lain.



Gambar 2.17 Karbon aktif

4. Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment Primary Treatment*)

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 :

- Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau.
- 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 :

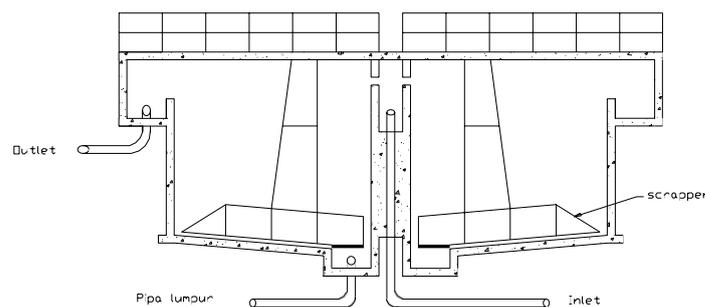
- Mereduksi kadar lumpur

- Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan.

Unit pengolahan lumpur meliputi :

➤ Sludge Thickener

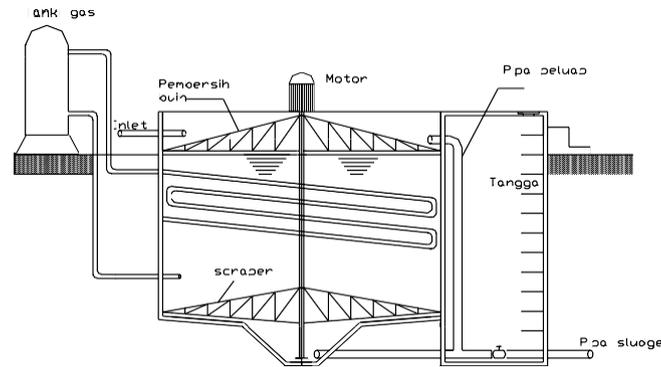
Sludge thickener adalah suatu bak yang berfungsi untuk menaikkan kandungan solid dari lumpur dengan cara mengurangi porsi fraksi cair (air), sehingga lumpur dapat dipisahkan dari air dan ketebalannya menjadi berkurang atau dapat dikatakan sebagai *pemekatan lumpur*. Tipe thickener yang digunakan adalah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



Gambar 2.18 Sludge Thickener
(Sumber: Metcalf and Eddy, 2004, WWETDR, 4th edition)

➤ 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 2.19 Sludge Digester

➤ **Sludge Drying Bed**

Sludge drying bed merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan dari thickener. 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.

Pengolahan limbah B3

System pembuangan limbah B3 melalui beberapa tahap. Hal ini disebabkan limbah B3 sangat berbahaya jika terkontaminasi dengan manusia atau makhluk hidup yang lain. Pengelolaan limbah B3 adalah serangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan limbah B3, dan menimbun hasil pengolahan.

Penyimpanan adalah menyimpan sementara limbah B3 di dalam lokasi kegiatannya sebelum diserahkan kepada pengumpul atau pengolahan limbah B3. Penyimpanan ini dilakukan oleh penghasil limbah B3, baik perorangan maupun badan usaha.

Syarat tempat penyimpanan limbah B3 adalah :

- Dibuat dengan kapasitas yang sesuai dengan jumlah B3 yang akan disimpan.
- Tempat penyimpanan bebas banjir.
- Secara geologi, dinyatakan stabil.



- d) Perancangan bangunan disesuaikan dengan karakteristik limbah.
- e) Perencanaan upaya pengendalian pencemaran lingkungan.

Pengumpulan adalah proses mengumpulkan limbah B3. Proses ini dapat dilakukan oleh perorangan atau badan usaha dari penghasil limbah B3 dengan maksud menyimpan untuk kemudian diserahkan kepada pengolah limbah B3.

Syarat-syarat sebagai pengumpul limbah B3 adalah :

- a) Memperhatikan karakteristik limbah B3.
- b) Mempunyai laboratorium yang dapat mendeteksi karakteristik limbah B3.
- c) Mempunyai lahan minimum satu hektar.
- d) Memiliki fasilitas untuk penanggulangan terjadinya kecelakaan.
- e) Konstruksi dan bahan bangunan disesuaikan dengan karakteristik limbah B3.
- f) Jauh dari sumber air.
- g) Bukan merupakan daerah tangkapan air.
- h) Jauh dari fasilitas pemukiman penduduk atau fasilitas umum.

Pengangkutan adalah proses untuk memindahkan limbah B3 dari penghasil ke pengumpul atau ke pengolahan termasuk ke tempat penimbun akhir dengan menggunakan alat angkut yang dilakukan oleh suatu badanusaha.

Pengolahan adalah proses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 menjadi tidak berbahaya dan tidak beracun. Jika memungkinkan, mengolah agar limbah B3 dimurnikan atau di daur ulang.

Persyaratan pengolahan limbah B3 meliputi:

- a) Lokasi pengolahan limbah
- b) Fasilitas pengolahan limbah
- c) Penanganan limbah B3 sebelum diolah
- d) Pengolahan limbah B3



e) Hasil pengolahan limbah B3

Sebelum melakukan pengolahan terhadap limbah B3, dilakukan uji analisa kandungan/parameter fisika atau kimia dan biologi guna menetapkan prosedur yang tepat dalam pengolahannya. Setelah hasilnya diketahui, tahap selanjutnya adalah menentukan pilihan proses pengolahan limbah B3 yang dapat memenuhi kualitas dan baku mutu pembuangan atau lingkungan yang ditetapkan.

Ada banyak metode pengolahan limbah B3 di industry. Tiga diantaranya yang paling populer adalah *chemical conditioning*, *solidification/stabilization*, dan *incineration*.

- *Chemical Conditioning*

Tahapan yang harus dilalui adalah mengurangi volume limbah dengan cara meningkatkan kandungan padatan, menstabilkan senyawa organik dan menghancurkan pathogen, serta menghilangkan atau mengurangi kandungan air dan sekaligus mengurangi volume lumpur. Setelah itu, limbah dibuang ke tempat pembuangan akhir, yaitu sanitary landfill, crop land, atau injection.

- *Solidification/Stabilization*

Stabilisasi dapat didefinisikan sebagai proses penghancuran limbah dengan bahan tambahan (zat aditif). Tujuannya adalah untuk menurunkan kadar zat pencemar dari limbah dan mengurangi toksinasi limbah tersebut. Adapun solidifikasi didefinisikan sebagai proses pemadatan suatu bahan berbahaya dengan penambahan zat aditif. Kedua proses tersebut sering kali terkait sehingga dianggap mempunyai arti yang sama.



- *Incineration*

Teknologi insenerasi (pembakaran) adalah alternatif yang menarik dalam pengolahan limbah B3. Insenerasi mengurangi volume dan massa limbah hingga sekitar 90% (volume) dan 75% (berat). Teknologi ini sebenarnya bukan solusi final dari sistem pengolahan limbah padat. Pada dasarnya, proses ini hanya memindahkan limbah dari bentuk gas yang tidak kasat mata. Proses ini menghasilkan energy dalam bentuk panas. Kelebihan alat insenerasi adalah dapat menghancurkan sebagian besar komponen limbah B3, limbah berkurang dengan cepat, dan menggunakan lahan yang relatif kecil.

Aspek terpenting dalam sistem insenerasi adalah nilai kandungan energy (heating value) limbah. Selain menentukan kemampuan dalam mempertahankan berlangsungnya proses pembakaran, heating value juga menentukan banyaknya energy yang diperoleh dari sistem ini. Banyak jenis insenerator (alat insenerasi), diantaranya *rotary kiln, multiple hearth, fluidized bed, open pit, single chamber, multiple chamber, aqueous waste injection*, dan *starved air unit*.