

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan. Limbah berbahaya dan beracun adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat, konsentrasi, dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan, merusak lingkungan hidup, atau membahayakan lingkungan hidup manusia serta makhluk hidup (Suharto, 2010).

Menurut Bishop (2000), limbah cair merupakan material sisa dari suatu proses produksi yang mengandung bahan-bahan organik maupun anorganik yang mempunyai karakteristik tertentu. Limbah cair industri berbeda satu sama lain dari segi komponen penyusun, konsentrasi, dan jumlah dari industri ke industri dan dari fasilitas ke fasilitas dalam industri. Limbah cair adalah bahan-bahan pencemar berbentuk cair. Air limbah adalah air yang membawa sampah (limbah) dari rumah tinggal, bisnis, dan industri yaitu campuran air dan padatan terlarut atau tersuspensi dapat juga merupakan air buangan dari hasil proses yang dibuang ke dalam lingkungan. Berdasarkan sifat fisiknya limbah dapat dikategorikan atas limbah padat, cair, dan gas.

Limbah cair atau air limbah adalah air yang tidak terpakai lagi, yang merupakan hasil dari berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Dengan semakin bertambah dan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya, maka jumlah air limbah juga mengalami peningkatan. Pada umumnya limbah cair dibuang ke dalam tanah, sungai, danau dan laut. Jika jumlah air limbah yang dibuang melebihi kemampuan alam untuk menerima atau menampungnya, maka akan terjadi kerusakan lingkungan (Siregar, 2005).

Limbah cair bersumber dari pabrik yang biasanya banyak menggunakan air dalam sistem prosesnya. Di samping itu ada pula bahan baku mengandung air sehingga dalam proses pengolahannya air harus dibuang. Air terikut dalam proses pengolahan kemudian dibuang misalnya ketika dipergunakan untuk pencuci suatu bahan sebelum diproses lanjut. Air ditambah bahan kimia tertentu kemudian diproses dan setelah itu dibuang. Semua jenis perlakuan ini mengakibatkan buangan air (Dedistyawan, 2012).

2.2 Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik limbah industri pulp dan kertas antara lain:

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Parameter yang paling banyak digunakan untuk menentukan pencemaran organik untuk diterapkan kedua air limbah dan air permukaan adalah BOD 5 hari (BOD₅). Penentuan ini melibatkan pengukuran dari *dissolved oxygen* yang menggunakan mikroorganisme dalam oksidasi biokimia dari bahan organik. Hasil analisa BOD digunakan (1) Untuk menentukan perkiraan banyaknya oksigen yang akan dibutuhkan untuk menstabilkan bahan organik secara biologis. (2) Menentukan ukuran fasilitas pengolahan limbah. (3) Menghitung efisiensi dari beberapa proses pengolahan. (4) Menentukan pemenuhan izin pembuangan air limbah. Karena itu kemungkinan bahwa Uji BOD akan terus digunakan pada waktu tertentu, hal ini penting untuk mengetahui secara rinci dari uji dan batas- batasnya. (*Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 2004 hal 81*)

Untuk BOD₅ yang ada di industri pulp dan kertas adalah 118 mg/L. Sedangkan pada Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8

Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri untuk industri pulp dan kertas, kadar BOD yang diperbolehkan untuk pulp larut adalah 100 mg/L.

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/l) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik dengan menggunakan bahan kimiawi atau oksidator kimia yang kuat (potassium dikromat). (Qasim, 1985)

Meskipun begitu diharapkan nilai BOD ultimate sama tinggi dengan COD, ini adalah kasus tersendiri. Beberapa alasan untuk mengamati perbedaannya adalah (1) banyak bahan organik yang sulit dioksidasi secara biologi seperti lignin, dapat dioksidasi secara kimia. (2) bahan anorganik yang dioksidasi dengan dikromat meningkat secara nyata kadar organik dalam sample.(3) Bahan organik tertentu yang beracun untuk mikroorganisme yang digunakan saat uji BOD.(4) Tingginya nilai COD karena adanya bahan anorganik yang dapat bereaksi dengan dikromat. Dari segi operasional, salah satu keuntungan dari uji COD bisa melengkapi sekitar 2,5 jam, dibandingkan 5 hari lebih untuk menguji BOD5. Untuk menguji COD membutuhkan waktu sekitar 15 menit. (*Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 2004*).

Untuk COD yang ada di industri pulp dan kertas adalah 1200 mg/L. Sedangkan pada Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri untuk industri pulp dan kertas, kadar COD yang diperbolehkan untuk pulp larut adalah 300 mg/L.

3. Total Suspended Solid

Karena sebuah filter digunakan untuk memisahkan Total Suspended Solid (TSS) dari Total Dissolve Solid (TDS), tes TSS sering berubah, berdasarkan ukuran pori dari kertas saring yang digunakan pada tes. TSS adalah parameter universal yang digunakan untuk standar effluent (bersama dengan BOD) yang mana hasil dari pengolahan menggunakan tanaman digunakan untuk kontrol (*Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 2004*).

Untuk TSS yang ada di industri pulp dan kertas adalah 785 mg/L. Sedangkan pada Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri untuk industri pulp dan kertas kadar TSS yang diperbolehkan adalah 100 mg/L.

4. Derajat Keasaman (pH)

Konsentrasi ion hidrogen atau yang biasa disebut derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang penting baik untuk air maupun air limbah. pH memiliki definisi logaritma negatif pada konsentrasi ion hidrogen.

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air limbah dengan pH yang ekstrim sulit untuk pengolahan secara biologis dan jika tidak dilakukan penetralan pH sebelum air limbah diolah akan menubah kondisi di perairan alami. (*Metcalf-Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 57*).

2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan

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

2.3.1 Preliminary Treatment (Pengolahan Pendahuluan)

Proses pengolahan ini merupakan proses pada awal pengolahan dan bersifat pengolahan fisik. Dalam pengolahan pendahuluan memiliki peralatan limbah cair agar memiliki homogenitas dan memudahkan bagi pengolahan tingkat lanjut. Terdapat dua kegiatan yang dilakukan dalam tahapan pengolahan pendahuluan, yaitu:


- 1) Pengambilan benda – benda terapung dengan cara melewatkan air limbah melalui saringan kasar atau dengan alat pencacah (communitor) untuk memotong zat padat yang terdapat pada air limbah.
- 2) Pengambilan benda – benda terendap seperti pasir. Digunakan bak penangkap pasir yang bertujuan untuk menghilangkan kerikil halus, koral, atau zat padat. Bak pengendap disediakan untuk mencegah terjadinya kerusakan alam akibat pengikisan dan terganggunya saluran. Unit proses pengolahannya meliputi, antara lain:


A. Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Saluran pembawa ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton. Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini diatas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m). Pada saluran pembawa, setiap 10 m saluran

pembawa terdapat bak kontrol. Atau apabila terjadi jika ada ukuran screen lebih besar dari saluran, maka peletakan screen dipasang di bak kontrol. (Dirjen PUPR, 2013)

Tabel 2.1 Tipe-tipe Saluran Pembawa

Tipe	Gambar	Kekurangan dan Kelebihan	Ciri Khas Struktur
Saluran Pembawa Terbuka		<p>Kelebihan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Relatif Murah 2. Mudah mengkonstruksinya <p>Kekurangan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kemungkinan aliran sedimen dari lereng di atasnya 2. Tingginya tingkat jatuh daun – daunan 	<ul style="list-style-type: none"> - Saluran tanah sederhana - Jalur saluran (jalur pasangan batu basah atau kering, jalur beton), pagar saluran (terbuat dari kayu, beton, atau tembaga), - jalur saluran berbentuk lembaran, saluran berbentuk setengah tabung (seperti pipa – pipa

			yang berbelok – belok, dll)
Saluran pembawa pipa tertutup		<p>Kelebihan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pada umumnya volume pekerjaan tanahnya besar 2. Rendahnya rata – rata sedimen dan daun – daunan yang jatuh di saluran <p>Kekurangan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sulitnya merawat dan meninjau saluran, termasuk pembersihan dan perbaikannya 	Tabungnya yang ditanam (hume,PVC, atau FRPM), Box culvert, Pagar saluran dengan tutupnya

B. Saringan (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.

1) 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 ⁰ - 40 ⁰	0 ⁰ - 30 ⁰
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 & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse, and Reuse 4th edition, 2004*)

Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Unit Manual Bar Screen

Kelebihan	Kekurangan
-----------	------------

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mudah dioperasikan; ▪ Tidak membutuhkan operator dengan keahlian khusus. 	<p>C. Dapat menimbulkan bau dan mengundang lalat akibat sampah yang tertahan pada penyaring;</p> <p>D. Pembersihan harus dilakukan secara manual dan berkala.</p>
---	---

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat (2018)

Unit manual bar screen dapat digunakan pada instalasi pengolahan dengan debit influen relatif kecil maupun besar. Cara kerja unit ini yaitu lumpur tinja yang masuk dari unit inlet akan melewati unit manual bar screen yang umumnya terdiri dari kisi atau batang yang disusun berjajar untuk masuk ke unit pengolahan selanjutnya. Sampah-sampah berukuran besar yang ada dalam lumpur tinja akan tertahan pada bar screen, kemudian akan dilakukan pembersihan karena jika dibiarkan menumpuk dalam unit tersebut, maka menyebabkan tersumbat dan mengganggu proses. Pembersihan manual bar screen dilaksanakan memakai sikat besi dengan gigi-gigi yang disesuaikan dengan jarak antar bar (Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat, 2018). Pada teknologi ini tidak terdapat persen removal pada parameter tertentu.



Gambar 2.1. Bar Screen Manual



Gambar 2.2. Bar Screen Mekanik

2) 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*), 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 m³/dt. Macam- macam *fine screen* dapat dilihat pada tabel 2.2. Screen tipe ini dapat meremoval BOD dan TSS, untuk mengetahui berapa persen dapat meremoval BOD dan TSS dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.2. Macam-macam Fine Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen		Bahan Screen	Penggunaan	
	Klasifikasi Ukuran	Range 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 Pengolahan Primer Meremoval residual dari suspended solid sekunder
	Sedang	0,01 - 0,1	0,25 - 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless- steel. Stainlees-steel dan kain polyester.	
	Halus		6 - 35 μ m		
<i>Horizontal reciprocating</i>	Sedang	0,06 - 0,17	1,6 – 4	Batangan, stainless Stell	Gabungan dengan saluran air hujan
<i>Tangential</i>	Halus	0,04 75	1200 μ m	Jala-jala yang terbuat dari stainless-steel	Gabungan dengan saluran pembawa

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

Tabel 2.3. Persen Removal Fine Screen

Jenis screen	Luas permukaan		Persen removal	
	In	Mm	BOD	TSS
<i>Fixed parabolic</i>	0.0625	1.6	5 – 20	5 – 30

<i>Rotary drum</i>	0.01	0.25	25 – 50	25 – 45
--------------------	------	------	---------	---------

3) *Microscreen*

Microscreen berfungsi untuk menyaring padatan halus, zat atau material yang mengapung, alga, yang berukuran kurang dari $0,5 \mu\text{m}$ dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3. Microscreen

A. Kriteria Desain Manual Bar Screen

- Menggunakan bar screen manual
- Kecepatan melalui bar screen = $0,3 - 0,6 \text{ m/detik}$
- Koefisien saat non clogging (C) = $0,7$
- Koefisien saat clogging (Cc) = $0,6$
- Lebar kisi (d) = $5-15 \text{ mm} = 0,005 - 0,015 \text{ m}$
- Jarak antar kisi (r) = $25-50 \text{ mm} = 0,025 - 0,050 \text{ m}$
- Kedalaman kisi tercelup air = $25-38 \text{ mm} = 0,025 - 0,038 \text{ m}$
- Headloss maksimal = $<0,15 \text{ m}$
- Slope saluran (Θ) = $30-45^\circ$

(Metcalf & Eddy, 2004. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition, Hal 316)

B. Rumus yang Digunakan

Rumus untuk *Bar Screen* adalah :

Berdasarkan Metcalf & Eddy untuk mengitung desain unit manual bar screen dilakukan tahap sebagai berikut:

- Lebar screen:

$$L_{screen} = n_{bukaan} \times r + n_{kisi} \times d \dots\dots (1)$$

Dengan : L_{screen} = Lebar *screen* (m)

n_{bukaan} = Jumlah bukaan (buah)

r = Jarak antar kisi (m)

n_{kisi} = Jumlah kisi / bar , $n_{bukaan} - 1$ (buah)

d = Lebar kisi (m)

- Dimensi *bar screen* :

$$X = \frac{H}{\sin \theta} \dots\dots\dots (2)$$

$$L = \frac{H}{\text{tg } \theta} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan : X = Panjang kisi (m)

L = Panjang Screen (m)

H = Tinggi total screen (m)

θ = Kemiringan Horizontal (derajat)

Dengan : V_2 = Kecepatan setelah melalui kisi (m/detik)

Q = Debit (m³/detik)

H_{aliran} = Tinggi kedalaman air (m)

- *Headloss* saat *non clogging* dan *clogging* :

$$H_L = \beta \times \frac{w}{b}^{4/3} \times h_v \times \sin \theta \dots\dots\dots (5)$$

$$H_L = \frac{1}{C_d} \times \frac{(V_2^2 \times v^2)}{2 \times g} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan : H_L = Headloss (m)

β = Nilai faktor tipe batang

W = total lebar kisi, $n_{\text{kisi}} \times d$ (m)

b = total lebar bukaan, $n_{\text{bukaan}} \times r$ (m)

h_v = head kecepatan aliran masuk *screen* , $\frac{v^2}{2 \times g}$ (m)

C_d = Koefisien *discharge* (saat non clogging = 0,7 dan saat clogging = 0,6)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/detik²)

C. Bak Equalisasi

Bak ekualisasi merupakan unit pengolahan yang bertujuan untuk meminimalkan atau mengendalikan fluktuasi karakteristik air limbah agar dapat memberikan kondisi yang optimal untuk proses pengolahan selanjutnya (Eckenfelder, 2001).

Dalam pengolahan lumpur tinja, bak ekualisasi berfungsi sebagai pemerata konsentrasi lumpur tinja sebelum diolah ke unit stabilisasi lumpur (Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat, 2018). Selain itu, bak ekualisasi dapat digunakan untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh variasi debit, yang nanti akan tercapai debit yang konstan dalam sejumlah situasi yang berbeda (*Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 2014).

Dalam prosesnya, bak ekualisasi dibantu dengan mixing atau aerasi, biasanya dilakukan untuk memastikan pemerataan yang memadai dan untuk mencegah padatan yang mengendap pada dasar bak. Beberapa metode yang telah digunakan untuk mixing atau aerasi

meliputi: distribusi aliran masuk dan penyekat/baffle, mixing turbin, diffused air aeration, mechanical aeration, mixer terendam (Eckenfelder, 2001). Dalam bangunan pengolahan lumpur tinja, lumpur tinja yang masuk mempunyai konsentrasi polutan yang berbeda-beda beserta dengan debit influen yang masuk berfluktuasi. Oleh karena itu, bak ekualisasi digunakan demi menyamakan debit serta karakteristik influen lumpur tinja yang masuk, juga mengoptimalkan waktu yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya. dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Gambar 2.4. Bak Equalisasi

Rumus untuk bak ekualisasi adalah :

1. Debit per bak

$$Q_b = \frac{Q}{n}$$

2. Waktu Tinggal

$$T_d = \frac{V}{Q}$$

3. Dimensi Bangunan

$$V = P \times L \times h$$

$$H = (+ 0,5 \text{ m Freeboard})$$

4. Jari Jari Hidrolis

$$R = \frac{\text{Lebar} \times \text{Tinggi}}{2 \text{ Lebar} + \text{Tinggi}}$$

5. Slope Bangunan (S)

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

6. Headloss Bangunan

$$H_f = S \times L$$

2.3.2 Pengolahan Utama (*Primary Treatment*)

Pada proses ini terjadi proses fisik dan kimia. Pada proses ini umumnya mampu mereduksi BOD dan antara 30 – 40 % dan mereduksi TSS 50 – 65%. (Syed R.Qasim, hal.52).

a. Ion Exchange

Ion exchange adalah sebuah proses fisika kimia. Pada proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin menerima ion positif atau negative tertentu dari larutan dan melepaskan on lain ke dalam larutan tersebut dalam jumlah ekivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang dipertukarkan berupa anin, maka resin tersebut dinamakan resin anion. Proses pertukaran ion umumnya dilakukan di dalam suatu bejana atau kolom yang diisi dengan resin penukar ion jenis tertentu sesuai dengna target logam berat yang akan dihilangkan. Proses operasinya terdiri dari satu siklus yakni service, pencucian balik (backwash), regenerasi, dan bilas (rinse).

• Prinsip pertukaran ion

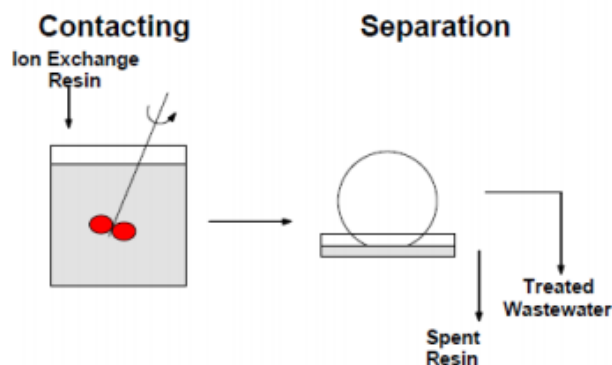
Pertukaran ion kebanyakan berupa bahan-bahan organik, yang umumnya dibuat secara sintetik. Bahan tersebut sering juga disebut resin penukar ion. Penukar ion mengandung bagian-bagian aktif dengan ion yang dapat ditukar bagian aktif semacam itu misalnya :

- Pada penukar kation :Kelompok-kelompok asam sulfo – SO₃ – H⁺ (dengan sebuah ion H⁺ yang dapat ditukar)

- Pada penukar anion :Kelompok-kelompok amonium kuartener – N – (CH₃)₃ + OH⁻ (dengan sebuah ion OH⁻ yang dapat ditukar)

Pertukaran ion adalah proses fisika-kimia. Pada proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain kedalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang dipertukarkan berupa anion, maka resin tersebut dinamakan resin penukar anion.

- Model – model ion exchange
 - a. Ion Exchange Batch Air limbah ditempatkan dalam tangki dan ditambahkan dengan resin penukar ion. Setelah mencapai kondisi ekuilibrium kemudian resin akan di saring dan airnya akan diteruskan ke pengolahan selanjutnya. Pada sistem ini resin biasanya tidak diregenerasikan.

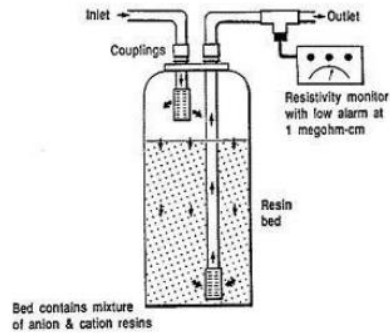


Gambar 2.5. Ion exchange sistem Batch

- b. Ion Exchange Moving Bed

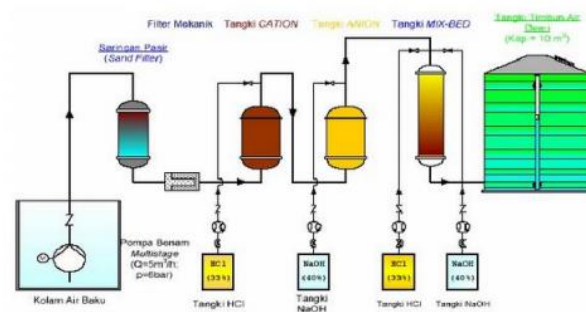
Resin dan air limbah bergerak saat ini di kolom. Prosesnya kontinu. Ini berarti bahwa tidak hanya itu air limbah terus menerus diberi makan dan dihapus dari kolom tetapi juga bahwa resin segar ditambahkan dan resin

yang dikeluarkan dihapus. Resin yang dihabiskan kemudian diregenerasi dan diberi makan kembali ke kolom.



Gambar 2.5. Ion exchange sistem Moving Bed

c. Ion Exchange Fixed-Bed



Gambar 2.5. Ion exchange sistem Fixed Bed

- Operasi sistem pertukaran ion Operasi sistem pertukaran ion dilaksanakan dalam 4 tahap, yaitu :

a. Tahap layanan (service)

Tahap dimana terjadi reaksi pertukaran ion. Tahap layanan ditentukan oleh konsentrasi ion yang dihilangkan terhadap waktu atau volume air produk yang dihasilkan. Hal lain yang penting pada tahap layanan adalah kapasitas (teoritik dan operasi) dan beban pertukaran ion (ion exchanger load). Kapasitas pertukaran teoritik didefinisikan sebagai jumlah ion secara teoritik yang dipertukarkan oleh resin per satuan massa atau volume resin. Beban pertukaran ion adalah berat ion yang dihilangkan selama tahap layanan dan diperoleh dari hasil kali antara volume air yang diolah selama tahap layanan dengan konsentrasi ion yang dihilangkan. Tahap layanan ini dilakukan dengan cara mengalirkan air umpan dari atas (down flow).

b. Tahap pencucian balik

Tahap ini dilakukan jika kemampuan resin telah mencapai titik habis. Sebagai pencuci, digunakan air produk. Pencucian balik mempunyai sasaran sebagai berikut :

- Pemecahan resin yang tergumpal
- Penghilangan kantong-kantong gas dalam reaktor, dan
- Pembentukan ulang lapisan resin

Pencucian balik dilakukan dengan pengaliran air dari bawah ke atas (up flow).

d. Tahap regenerasi

Tahap regenerasi adalah operasi penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengambilan kapasitas ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan. Larutan regenerasi harus dapat menghasilkan titik

puncak (mengembalikan waktu regenerasi dan jumlah larutan yang digunakan). Jika semua sistem dapat dikembalikan ke kemampuan pertukaran awal, maka ekivalen ion yang digantikan harus sama dengan ion yang dihilangkan selama tahap layanan. Jadi secara teriotik, jumlah larutan regenerasi (dalam ekivalen) harus sama dengan jumlah ion (dalam ekivalen) yang dihilangkan (kebutuhan larutan regenerasi teoritik). Operasi regenerasi agar resin mempunyai kapasitas untuk menghasilkan sebagian dari kemampuan pertukaran awal. Operasi regenerasi dilakukan dengan mengalirkan larutan regenerasi dari atas, dengan menginjeksikan regenerant untuk kation HCL dan untuk anion adalah NaOH. Proses regenerasi :

- Backwash, yaitu mengalirkan air bersih ke arah berlawanan melalui tangka kation atau anion sampai air keluaranya bersih.
- Melakukan slow resin, yaitu mengalirkan air pelanpelan untuk menghasilkan regeneran dalam resin.
- Fast resin, yaitu membilas untuk dengan laju yang lebih cepat untuk menghilangkan regenerant sebelum operasi.

e. Tahap pembilasan

Tahap pembilasan dilakukan untuk menghilangkan sisa larutan regenerasi yang terperangkap oleh resin, pembilasan dilakukan menggunakan air produk dengan aliran down flow dan dihasilkan dalam 2 tingkat, yaitu :

- Tingkat laju alir rendah untuk menghilangkan larutan regenerasi, dan
- Tingkat laju alir tinggi untuk menghilangkan sisa ion. Limbah pembilasan tingkat laju alir rendah digabungkan dengan larutan garam dan dibuang, sedangkan limbah

pembilasan tingkat laju alir tinggi disimpan dan digunakan sebagai pelarut senyawa untuk regenerasi.

▪ Penentuan Kapasitas Resin

Penentuan kapasitas resin untuk demineralisasi secara sederhana dapat dilakukan dengan 2 (dua) pendekatan :

(1) Pendekatan Volume Produk (Waktu);

(2) Pendekatan Volume Resin.

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung kapasitas resin adalah :

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot TDS_{feed} \cdot 15,45}{TEC \cdot 35,34 \cdot \eta}$$

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot TDS_{feed} \cdot 0,43718}{TEC \cdot \eta}$$

$$V_R = Q \cdot t$$

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot TDS_{feed} \cdot 0,43718}{TEC \cdot \eta}$$

Dimana :

V_R = Volume Resin (liter)

Q = Debit (m³/jam)

t = Lamanya waktu (jam)

TDS_{feed} = Jumlah Total Kation dan Anion air baku (mg/l CaCO₃)

TEC = Kapasitas resin penukar ion (kgr/ft³)

η = efisiensi resin (80 – 90 %)

V_P = Volume Produk (m³)

35,34 = faktor konversi ft³ /m³

15,45 = faktor konversi kgr/m³

▪ Pendekatan Volume Produk

Penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume produk berarti kita harus menentukan terlebih dahulu debit atau laju aliran (Q) dan lamanya siklus regenerasi dalam jam (t). Setelah kita menentukan debit dan waktu, kita akan mendapatkan jumlah resin yang diperlukan (dalam liter) berdasarkan jumlah kandungan ion (impurity) yang terkandung dalam air baku yang dapat diketahui dari hasil analisis ion air baku dan kapasitas penukar ion (ion exchange capacity) resin yang digunakan. Kapasitas penukar ion diketahui dari produsen pembuatnya. Angka kapasitas resin menunjukkan kemampuan resin penukar ion untuk menukar ion yang diinginkan dengan gugus aktif resinnya. Semakin tinggi kemampuannya, semakin banyak ion yang dapat ditukar dan semakin lama waktu regenerasinya. Saat ini resin penukar ion di pasaran rata-rata mempunyai kemampuan penukaran ion 1.9 eq/l (± 39 kgr/ft³) untuk kation H⁺ form dan 1.0 eq/l (± 21.9 kgr/ft³) untuk anion OH⁻ form. (untuk softener 2.0 eq/l (± 41 kgr/ft³) untuk kation Na⁺ form dan 1.2eq/l (± 26.2 kgr/ft³) untuk anion Cl⁻ form.

Pendekatan ini lebih bersifat individu yang berarti konsumen dapat menentukan sendiri jumlah produk yang ingin didapatkan dalam siklus regenerasi. Mencari lamanya siklus regenerasi

Volume = Debit \times Waktu

Waktu = $\frac{\text{Volume Produk}}{\text{Debit **}}$

*) Total kation dan total anion dalam air selalu sama (ekuilibrium) apabila data ion tidak lengkap atau tidak ada pendekatan lain yang dapat digunakan adalah angka TDS dalam CaCO₃ (bukan mg/l TDS) dibagi 2.

***) Apabila sistem tidak kontinyu, maka lebih baik digunakan water meter untuk mengetahui kapan regenerasi harus dilakukan. Pada kenyataannya, jumlah produksi dan waktu bervariasi tergantung dari kualitas air baku, kualitas air produk dan kontinuitas produksi.

- Pendekatan Volume Resin

Penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume resin berarti jumlah resin yang digunakan ditentukan terlebih dahulu kemudian jumlah produk atau lamanya regenerasi akan diketahui. Hal ini berlaku apabila konsumen menginginkan produk jadi (pasaran) yang telah difabrikasi di pabrik pembuatnya. Dalam hal ini, manufaktur tidak menghitung jumlah impurity yang terdapat dalam air baku melainkan berdasarkan tetapan baku yang sudah ditetapkan oleh pembuat sehingga performanya bervariasi tergantung dari kualitas air baku. Semakin baik air bakunya, performanya semakin baik dan siklus regenerasinya pun semakin lama.

- Parameter dalam Pertukaran Ion

Parameter-parameter penting yang sering digunakan dalam proses pertukaran ion. Adapun parameter tersebut diantaranya :

- Elektro konduktifitas

Elektro konduktifitas merupakan ukuran kemampuan air dalam mengalirkan arus listrik dalam kondisi dingin. Elektro konduktifitas memiliki satuan berupa μ mhos/cm dan dapat bervariasi dari 0 μ mhos/cm untuk air destilasi hingga 10.000 μ mhos/cm pada air dengan salinitas yang tinggi. (David Alchin, Heather Wansbrough, 1998)

- Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan suatu ukuran yang menyatakan derajat keasaman ataupun kebasaan dari sebuah larutan. Derajat keasaman (pH) sendiri memiliki rentang yang berkisar antara 0-14. Larutan asam dan basa akan memiliki pengaruh (meningkatkan) elektrokonduktifitas dari air. Pada umumnya, pada saat derajat keasaman (pH) berada di bawah derajat

yang direkomendasikan, kemungkinan terjadinya korosi akan meningkat. Sedangkan apabila derajat keasaman (pH) berada di atas skala yang direkomendasikan, kemungkinan terbentuknya scaling akan meningkat. (David Alchin, Heather Wansbrough, 1998)

- Alkalinitas Alkalinitas merupakan proses pengukuran ion Bikarbonat (HCO_3), Karbonat (CO_3) dan Hidroksil (OH) dalam air. Akan tetapi, hanya ion Bikarbonat (HCO_3) dan Karbonat (CO_3) yang dapat ditemukan secara alami dalam sumber mata air. Dalam air umpan (feedwater) yang digunakan untuk mesin boiler, alkalinitas dapat terjadi akibat adanya ion Bikarbonat (HCO_3) dan Karbonat (CO_3). Saat air dengan kandungan ion Bikarbonat (HCO_3) dan Karbonat (CO_3) dipanaskan, alkalinitas akan terpecah dan membentuk senyawa karbon dioksida (CO_2). Karbon dioksida (CO_2) yang terlepas akan bereaksi dengan air dan membentuk asam karbonat (HCO^3) yang dapat menyebabkan korosi pada pipa boiler dan berpotensi menyumbat sistem perpipaan. (David Alchin, Heather Wansbrough, 1998)
- Parameter Lain
Selain dari parameter yang telah dijelaskan di atas, menurut David Alchin, Heather Wansbrough (1998), terdapat parameter lain yang perlu dipahami. Parameter-parameter tersebut meliputi :
 - o Kandungan padatan tersuspensi atau Total Suspended Solid (TSS), merupakan ukuran padatan tersuspensi dalam sampel air maupun limbah
 - o Kandungan padatan terlarut atau Total Dissolved Solid (TDS), merupakan hasil representasi kehadiran konstituen terlarut, seperti Kalsium (Ca), Klorida (Cl), Natrium (Na), dll.. TDS dan Konduktifitas memiliki hubungan yang sangat kuat dan saling mempengaruhi

- Total Kation, merupakan bagian atau kandungan logam yang membawa valensi positif, seperti kalsium, natrium dan magnesium yang menarik ion katoda (negatif)
- Total Anion, merupakan bagian atau kandungan non logam yang membawa valensi negatif, seperti bikarbonat, karbonat, klorida dan sulfat yang menarik ion anoda (positif)
- Kebutuhan oksigen secara biologis atau Biological Oxygen Demand (BOD), yang menandakan kebutuhan oksigen secara biologis yang diukur selama lima (5) hari.
- Kebutuhan oksigen secara kimiawi atau Chemical Oxygen Demand (COD), merupakan kebutuhan oksigen untuk mereduksi senyawa kimia yang terkandung dalam air.
- Jumlah karbon organik atau Total Organic Carbon (TOC), merupakan jumlah senyawa karbon organik dalam air
- Total Silika, merupakan total senyawa silika yang terkandung dalam air
- Kekeruhan, yang menandakan adanya bahan tersuspensi dalam air dan limbah yang menyebar dan mengganggu masuknya cahaya ke dalam air

Tabel Jenis dan Karakteristik resin

Jenis Resin	Karakteristik
Resin Kation Asam Kuat	Resin kation asam kuat menunjukkan reaksi dan sifat yang sama dengan asam kuat, terionisasi dengan tinggi pada kedua bentuk asam (R-SO ₃ -H) dan garam (R-SO ₃ -Na), dalam rentang pH manapun.

Resin Kation Asam Lemah	Resin kation asam lemah memiliki sebuah kelompok fungsional asam lemah (-COOH), yang secara khas disebut kelompok carboxylic. Resin jenis ini menunjukkan reaksi dan sifat yang sama dengan asam lemah organik yang cenderung bersifat selalu memisahkan diri.
Resin Anion Basa Kuat	Resin anion basa kuat merupakan resin yang terionisasi dengan tinggi, memiliki kelompok fungsional basa kuat dengan ikatan (OH) di dalamnya, dan dapat digunakan pada rentang pH mana saja. Resin ini biasa digunakan dalam bentuk hidroksida (OH) untuk proses deionisasi.
Resin Anion Basa Lemah	Resin anion basa lemah memiliki kelompok fungsional dengan derajat ionisasi yang bergantung pada derajat keasaman (pH).
Resin Penukar Ion Logam	Resin Penukar Ion Logam Berat menunjukkan reaksi seperti resin kation asam lemah namun
Berat Jenis Tertentu	memperlihatkan derajat selektifitas untuk logam berat

	kation. Kelompok fungsional dari resin jenis ini adalah EDTA, dan struktur resin ini dalam bentuk natrium adalah (R-EDTA-Na)
--	--

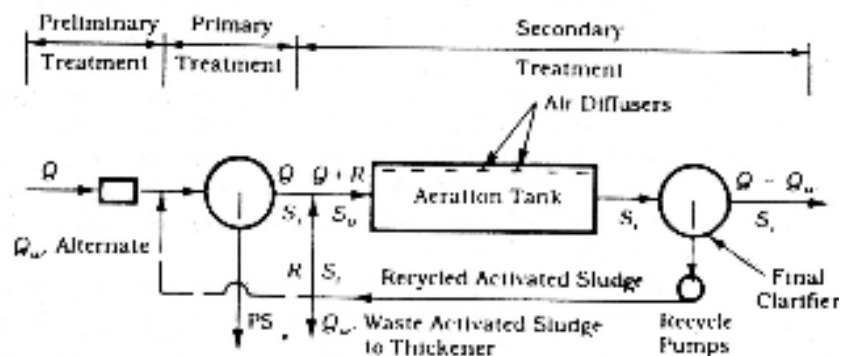
Kebanyakan resin penukar ion diproduksi dengan proses copolymerized pada styrene dan divinylbenzene. Styrene akan menyajikan bentuk matriks dasar dari resin, sedangkan divinylbenzene digunakan untuk menghubungkan secara silang polimer guna menghasilkan resin yang tidak terlarut. Sifat penting yang perlu diperhatikan dalam memilih resin penukar ion adalah kapasitas pertukaran, ukuran partikel dan stabilitas resin. Kapasitas pertukaran dari sebuah resin didefinisikan sebagai kuantitas ion yang dapat ditukar dalam satu waktu hingga resin tersebut mencapai titik jenuh dan harus diregenerasi.. Ukuran partikel dari sebuah resin sangat penting untuk diperhatikan mengingat hal tersebut sangat berpengaruh pada jari-jari hidrolis dan energi kinetik pada reaktor ion exchange. Secara umum, rata-rata pertukaran ion berbanding terbalik dengan pangkat dua dari diameter partikel. Sedangkan stabilitas dari resin sangat menentukan kelangsungan penggunaan dari resin itu sendiri. Penggembungan dan penyusutan partikel resin yang terjadi secara berurutan, degradasi kimiawi dan perubahan struktural pada resin yang terjadi akibat ketegangan fisik pada resin merupakan faktor penting yang dapat membatasi umur pemakaian dari sebuah resin. (Metcalf & Eddy, 2003)

f. 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_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:

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 2.12 merupakan activated sludge sistem konvensional



Gambar 2.5 Activated sludge sistem konvensional

Tangki Aerasi

Oksidasi aerobik material organik dilakukan dalam tangki ini. Effluent pertama masuk dan tercampur dengan Lumpur Aktif Balik (Return Activated Sludge =RAS) atau disingkat LAB membentuk lumpur campuran (mixed liquor), yang mengandung padatan tersuspensi sekitar 1.500 - 2.500 mg/l. Aerasi dilakukan secara mekanik. Karakteristik dari proses lumpur aktif adalah adanya daur ulang dari biomassa. Keadaan ini membuat waktu tinggal rata-rata sel (biomassa) menjadi lebih lama dibanding waktu tinggal hidrauliknya (Sterritt dan Lester,

1988). Keadaan tersebut membuat sejumlah besar mikroorganisme mengoksidasi senyawa organik dalam waktu yang singkat. Waktu tinggal dalam tangki aerasi berkisar 4 - 8 jam.

Tangki Sedimentasi

Tangki ini digunakan untuk sedimentasi flok mikroba (lumpur) yang dihasilkan selama fase oksidasi dalam tangki aerasi. Seperti disebutkan diawal bahwa sebahgian dari lumpur dalam tangki penjernih didaur ulang kembali dalam bentuk LAB kedalam tangki aerasi dan sisanya dibuang untuk menjaga rasio yang tepat antara makanan dan mikroorganisme (F/M Ratio). Parameter yang umum digunakan dalam lumpur aktif (Davis dan Cornwell, 1985; Verstraete dan van Vaerenbergh, 1986) adalah sebagai berikut:

1. *Mixed-liquor suspended solids* (MLSS). Isi tangki aerasi dalam sistem lumpur aktif disebut sebagai *mixed liquor* yang diterjemahkan sebagai lumpur campuran. MLSS adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk didalamnya adalah mikroorganisma. MLSS ditentukan dengan cara menyaring lumpur campuran dengan kertas saring (filter), kemudian filter dikeringkan pada temperatur 1050C, dan berat padatan dalam contoh ditimbang.
2. *Mixed-liquor volatile suspended solids* (MLVSS). Porsi material organik pada MLSS diwakili oleh MLVSS, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel (Nelson dan Lawrence, 1980). MLVSS diukur dengan memanaskan terus sampel filter yang telah kering pada 600 - 6500C, dan nilainya mendekati 65-75% dari MLSS.
3. *Food - to - microorganism ratio* (F/M Ratio). Parameter ini merupakan indikasi beban organik yang masuk kedalam sistem lumpur aktif dan diwakili nilainya dalam kilogram BOD per kilogram MLSS per hari (Curds dan Hawkes, 1983; Nathanson, 1986).

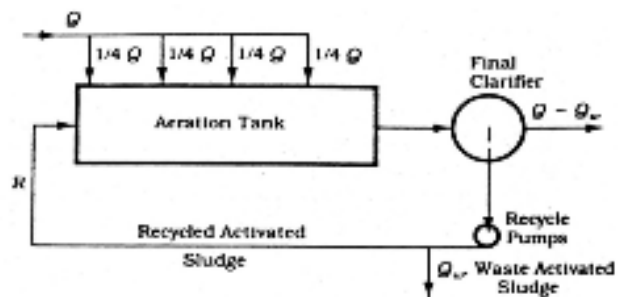
$$\begin{aligned} \% \text{ Removal} &= 80 - 85 \% \text{ COD} \\ &= 80 - 85 \% \text{ TSS} \end{aligned}$$

$$= 80 - 90 \% N$$

(Sumber : WWETDR, Metcalf and Eddy, hal 484)

b). Non Konvensional

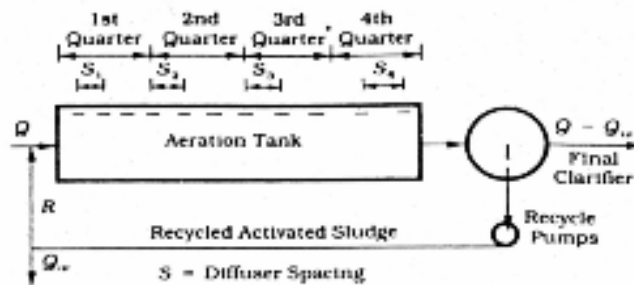
- Step Aeration
 - Merupakan type plug flow dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet.
 - Inlet air buangan masuk melalui 3 - 4 titik ditanki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen titik yang paling awal.
 - Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek. Gambar 2.6 merupakan gambar dari step aerasi



Gambar 2.6 Step Aerasi

- Tapered Aeration

Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara ditik awal lebih tinggi. Gambar 2.8 bangunan tapered aeration.



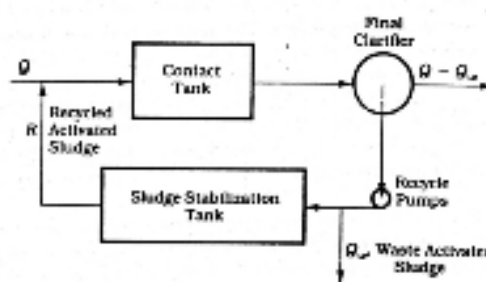
Gambar 2.7 Tapered Aeration

- 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).

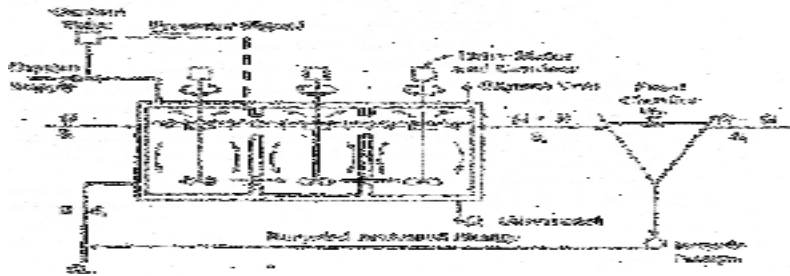
Gambar 2.9 merupakan diagram alir dari contact stabilization.



Gambar 2.8 Contact Stabilization

- Pure Oxigen

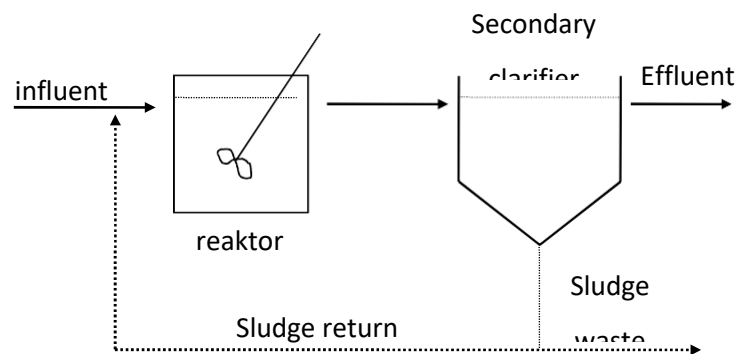
Oksigen murni diinjeksikan ke tanki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganismenya serta volumetric loading tinggi dan td pendek. Gambar 2.10 merupakan sistem dari pure oxygen.



Gambar 2.9 Pure Oxygen

- High Rate Aeration

Kondisi ini tercapai dengan menningkikan harga rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1 - 5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganismenya yang lebih besar. Gambar 2.11 proses dari high rate aeration



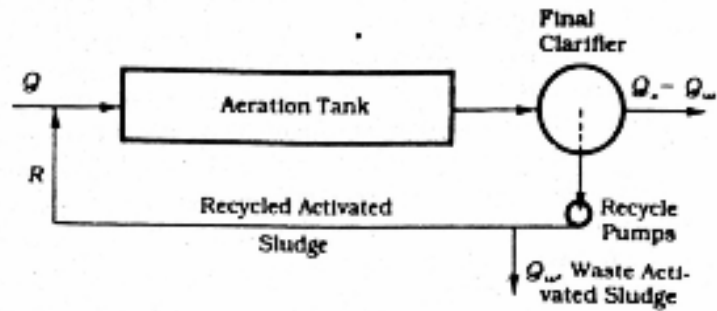
Gambar 2.11 High Rate Aeration

- Extended Aeration

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

$$\% \text{ Removal} = 75 - 90 \% \text{ BOD}$$

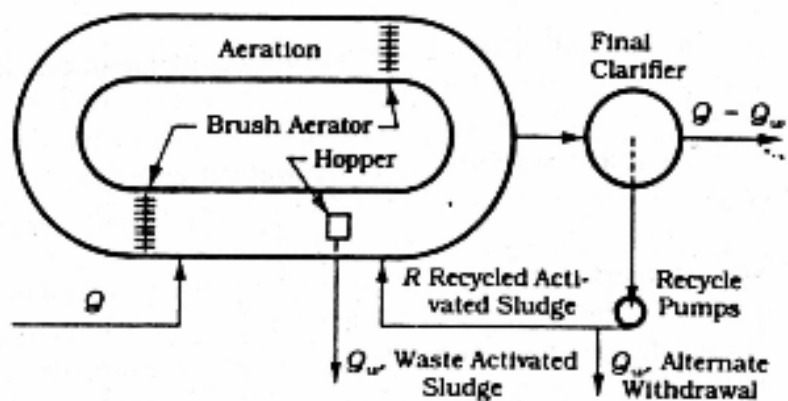
Proses dari extended aeration dapat di lihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 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 2.13.



Gambar 2.13 Oxydation Ditch

Rumus untuk *Activated Sludge* adalah :

1. Volume bak

$$V = \frac{Q \cdot o \times (L_o - L_c)}{F \times X}$$

2. Waktu tinggal

$$T_d = \frac{V}{Q \cdot o}$$

3. Panjang & lebar

$$H = 3 \text{ m} = t$$

$$P = 1$$

4. Beban BOD

$$\text{Beban BOD} = Q \times L_o$$

5. Kebutuhan Oksigen

$$\text{Keb. Oksigen} = \text{Laju oks} \times \text{beban BOD}$$

6. Kebutuhan Power untuk aerasi

$$\text{Keb Power untuk aerasi} = \text{Keb. Oksigen} / \text{OTE}$$

7. Jumlah Lumpur yang Terbuang (Px)

Nilai koefisien pada suhu 30° C

$$\checkmark K_t = K_{20} \times \Theta^{(T-20)}$$

$$\checkmark Y = \text{koef } Y \times K_t$$

$$\checkmark P_x = \frac{Y \times Q \times (S_o - S)}{1000 \text{ g / kg}}$$

8. Jari – jari hidrolis

$$R = \frac{\text{Lebar} \times \text{Tinggi}}{2 \text{ Lebar} + \text{Tinggi}}$$

9. Slope Bangunan (S)

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

10. Headloss Bangunan

$$H_f = S \times L$$

2.3.3 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 :

A. Bak Pengendap II (*Secondary Clarifier*)

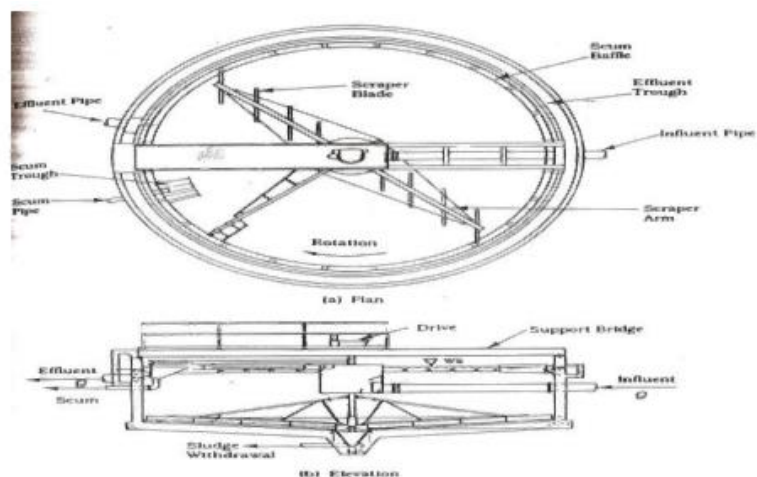
Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat scrapper blade yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga sludge terkumpul pada masing – 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). Secondary clarifier merupakan bagian tak terpisahkan dari sistem activated sludge. Bagian ini berperan dalam proses pemisahan lumpur dari limbah yang telah diolah di dalam reaktor biologi. Ada lima parameter yang paling berpengaruh terhadap performa secondary clarifier, yaitu:

- Konsentrasi MLSS yang masuk ke clarifier
- Debit air limbah
- Debit resirkulasi system activated sludge
- Luas permukaan clarifier, dan
- Kemampuan mengendap lumpur.

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. Clafier sama

saja



dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis.

Gambar Secondary Clarifier

Zona Settling

- Debit masuk

$$Q_{in} = Q_o + Q_r \dots\dots\dots ()$$

Dengan :

$$Q_{in} = \text{Debit masuk total (m}^3/\text{hari)}$$

$$Q_o = \text{Debit awal (m}^3/\text{hari)}$$

$$Q_r = \text{Debit Resirkulasi (m}^3/\text{hari)}$$

- Luas Surface Area

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots$$

Dengan :

$$A = \text{Luas permukaan (m}^2/\text{hari)}$$

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

$$V = \text{Kecepatan (m/s)}$$

Diameter

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \text{Diameter (m)}$$

$$A = \text{Luas permukaan (m}^2)$$

Zona Inlet

- Diameter inlet well (D')

$$D. = 20\% \times D_{bak} \dots\dots\dots$$

- Kecepatan air di inlet well

$$V = Q/A$$

Dengan :

- A = Luas permukaan ($m^2/hari$)
Q = Debit air limbah (m^3/s)
V = Kecepatan (m/s)

Zona Settling

2.3 Pengolahan Lumpur (*Sludge 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 :

- a. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- b. 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 yang sudah aman.

Unit pengolahan lumpur meliputi :

- a. 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.

Perbandingan volume lumpur dengan konsentrasi diharapkan adalah :

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

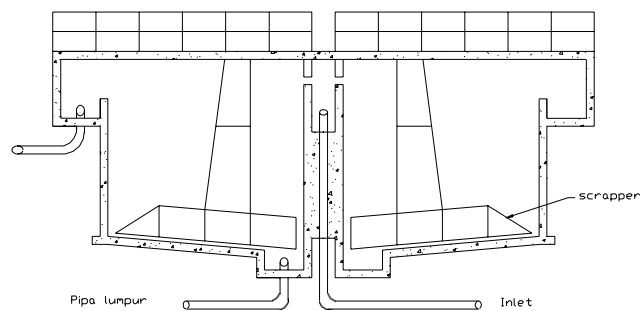
Dengan :

V_1 = volume lumpur yang masuk

V_2 = volume lumpur yang terjadi

C_1 = konsentrasi lumpur masuk

C_2 = konsentrasi lumpur yang diharapkan



Gambar 2.7 Sludge Thickener

Sumber: Metcalf and Eddy, *Waste Water Engineering Treatment Disposal and Reuse*, hal 401

b. 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. Rumus yang dipakai:

$$V_i = \frac{V \times (1 - p)}{1 - P_i}$$

Dengan :

V_i = volume cake kering, m³ / hari

V = volume lumpur mula- mula, m³ / hari

P = kadar air mula – mula (%)

P_i = kadar air yang diharapkan (%)

2.4 Persen Removal

Unit Pengolahan	% Removal	Sumber
I. Pre Treatment		
a. Screening	20 - 35 % SS	- WWTP, Planning design and operation, syed Qasim hal 156
II. Primary Treatment		
a. Activated Sludge	80 – 90% COD 80 – 99% BOD 60 – 85% TSS	Cavaseno, hal 15
III. Secondary Treatment		
a. Sludge Drying Bed	85% - 95% TSS	Metcalf & Eddy, hal 396