

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR

I. TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR

Pengolahan limbah bertujuan untuk menetralkan air dari bahan-bahan tersuspensi dan terapung, menguraikan bahan organik biodegradable, meminimalkan bakteri patogen, serta memerhatikan estetika dan lingkungan. Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu : (1) secara alami dan, (2) secara buatan.

1.1. Secara Alami

Pengolahan air limbah secara alamiah dapat dilakukan dengan pembuatan kolam stabilisasi. Dalam kolam stabilisasi, air limbah diolah secara alamiah untuk menetralkan zat-zat pencemar sebelum air limbah dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik, kolam fakultatif (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam maturasi (pemusnahan mikroorganisme patogen). Karena biaya yang dibutuhkan murah, cara ini direkomendasikan untuk daerah tropis dan sedang berkembang.

1.2. Secara Buatan

Pengolahan air limbah dengan bantuan alat dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu primary treatment (pengolahan pertama), secondary treatment (pengolahan kedua), dan tertiary treatment (pengolahan lanjutan).

Primary treatment merupakan pengolahan pertama yang bertujuan untuk memisahkan zat padat dan zat cair dengan menggunakan filter (saringan) dan bak sedimentasi. Beberapa alat yang digunakan adalah saringan pasir lambat, saringan pasir cepat, saringan multimedia, percol filter, mikrostraining, dan vacuum filter.

Secondary treatment merupakan pengolahan kedua, bertujuan untuk mengkoagulasikan, menghilangkan koloid, dan menstabilisasikan zat organik dalam limbah. Pengolahan limbah rumah tangga bertujuan untuk mengurangi kandungan bahan organik, nutrisi nitrogen, dan fosfor. Penguraian bahan organik ini dilakukan oleh makhluk hidup secara aerobik (menggunakan oksigen) dan anaerobik (tanpa oksigen). Secara aerobik, penguraian bahan organik dilakukan mikroorganisme dengan bantuan oksigen sebagai electron acceptor dalam air limbah. Selain itu, aktivitas aerobik ini dilakukan dengan bantuan lumpur aktif (activated sludge) yang banyak mengandung bakteri pengurai. Hasil akhir aktivitas aerobik sempurna adalah CO₂, uap air, dan excess sludge. Secara anaerobik, penguraian bahan organik dilakukan tanpa menggunakan oksigen. Hasil akhir aktivitas anaerobik adalah biogas, uap air, dan excess sludge.

Tertiary treatment merupakan lanjutan dari pengolahan kedua, yaitu penghilangan nutrisi atau unsur hara, khususnya nitrat dan posfat, serta penambahan klor untuk memusnahkan mikroorganisme patogen.

Dalam pengolahan air limbah dapat dilakukan secara alami atau secara buatan, perlu dilakukan berbagai cara pengendalian antara lain menggunakan teknologi

Pengolahan Limbah Cair Industri

pengolahan limbah cair, teknologi peroses produksi, daur ulang, resure, recovery dan juga penghematan bahan baku dan energi .

Agar dapat memenuhi baku mutu, industri harus menerapkan prinsip pengendalian limbah secara cermat dan terpadu baik di dalam proses produksi (*in-pipe pollution prevention*) dan setelah proses produksi (*end-pipe pollution prevention*). Pengendalian dalam proses produksi bertujuan untuk meminimalkan volume limbah yang ditimbulkan, juga konsentrasi dan toksisitas kontaminannya. Sedangkan pengendalian setelah proses produksi dimaksudkan untuk menurunkan kadar bahan peencemar sehingga pada akhirnya air tersebut memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan, tabel -1.1

Tabel -1.1 Batasan Air Limbah untuk Industri

Parameter	Konsentrasi (mg/L)
COD	100 – 300
BOD	50 – 150
Minyak nabati	5 – 10
Minyak mineral	10 – 50
Zat padat tersuspensi (TSS)	200 – 400
pH	6.0 – 9.0
Temperatur	38 – 40 [°C]
Ammonia bebas (NH ₃)	1.0 – 5.0
Nitrat (NO ₃ -N)	20 – 30
Senyawa aktif biru metilen	5.0 – 10
Sulfida (H ₂ S)	0.05 – 0.1
Fenol	0.5 – 1.0
Sianida (CN)	0.05 – 0.5

Batasan Air Limbah untuk Industri
Kepmen LH No. KEP-51/MENLH/10/1995

1.3 Metode Pengolahan Air Limbah

Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan air limbah industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh perusahaan setempat.

Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini.

Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan:

1. pengolahan secara fisika
2. pengolahan secara kimia
3. pengolahan secara biologi

Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

Pengolahan Secara Fisika

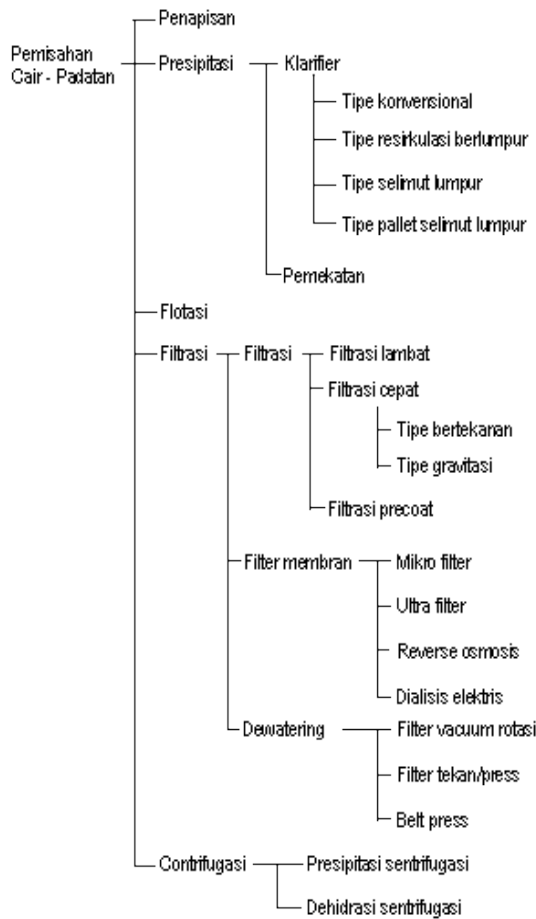
Pengolahan Limbah Cair Industri

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap.

Pemisahan Cair - Padatan

- Penapisan
- Presipitasi
- Filtrasi
- Flotasi
- Filtrasi
- Filter membran
- Filtrasi lambat
- Filtrasi cepat
- Tipe bertekanan
- Tipe gravitasi
- Mikro filter
- Ultra filter
- Reverse osmosis
- Dialisis elektrik
- Filtrasi precoat
- Klarifier
- Tipe resirkulasi berlumpur
- Tipe pallet selimut lumpur
- Tipe selimut lumpur
- Tipe konvensional
- Pemekatan
- Dewatering
- Filter vacuum rotasi
- Filter tekan/press
- Belt press
- Contrifugasi
- Presipitasi sentrifugasi
- Dehidrasi sentrifugasi

Pengolahan Limbah Cair Industri



Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*).

Proses filtrasi di dalam pengolahan air buangan, biasanya dilakukan untuk mendahului proses adsorpsi atau proses *reverse osmosis*-nya, akan dilaksanakan untuk menyisahkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses adsorpsi atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses osmosa.

Proses adsorpsi, biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisahkan senyawa aromatik (misalnya: fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut.

Teknologi membran (*reverse osmosis*) biasanya diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan kecil, terutama jika pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah. Biaya instalasi dan operasinya sangat

mahal.

Gambar – 1.1 Skema Diagram pengolahan Fisik

Pengolahan Secara Kimia

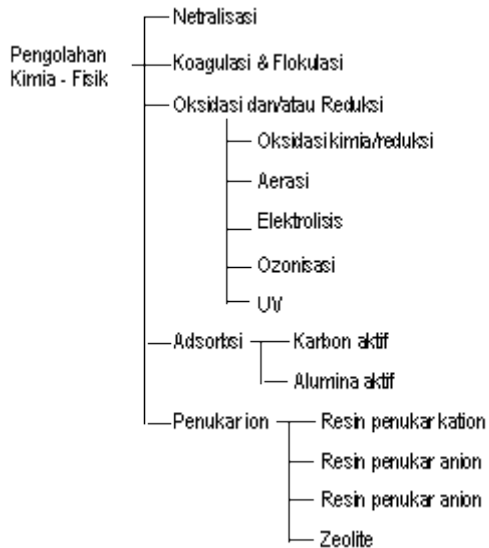
Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.

Pengolahan Kimia - Fisik

- Netralisasi
- Penukar ion
- Koagulasi & Flokulasi
- Alumina aktif
- Karbon aktif
- Adsorpsi
- Oksidasi dan/atau Reduksi
- Aerasi
- Ozonisasi
- Elektrolisis
- Oksidasi kimia/reduksi

Pengolahan Limbah Cair Industri

- UV
- Resin penukar anion
- Resin penukar kation
- Resin penukar anion
- Zeolite



Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan membubuhkan elektrolit yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan koloidnya agar terjadi netralisasi muatan koloid tersebut, sehingga akhirnya dapat diendapkan. Penyisihan logam berat dan senyawa fosfor dilakukan dengan membubuhkan larutan alkali (air kapur misalnya) sehingga terbentuk endapan hidroksida logam-logam tersebut atau endapan hidroksiapatit. Endapan logam tersebut akan lebih stabil jika pH air > 10,5 dan untuk hidroksiapatit pada pH > 9,5. Khusus untuk krom heksavalen, sebelum diendapkan sebagai krom hidroksida [Cr(OH)₃], terlebih dahulu direduksi menjadi krom trivalent dengan membubuhkan reduktor (FeSO₄, SO₂, atau Na₂S₂O₅).

Gambar 1. 2. Skema Diagram pengolahan Kimiawi

Buangan dari pabrik berbeda satu dengan yang lainnya. Perbedaan ini menyangkut pula dengan perbedaan bahan baku, perbedaan proses. Suatu pabrik sama-sama mengeluarkan limbah cair namun terdapat senyawa kimia yang berbeda pula. Karena banyaknya variasi pencemar antara satu pabrik dengan pabrik lain maka banyak pula sistem pengolahan. Demikian banyak macam parameter pencemar dalam suatu buangan, akibatnya membutuhkan berbagai tingkatan proses pula. Limbah memerlukan penanganan awal. Kemudian pengolahan berikutnya. Pengolahan pendahuluan akan turut menentukan pengolahan kedua, ketiga dan seterusnya.

Proses pengolahan dan jenis peralatan yang dipergunakan serta pengolahan serta pengolahan lihat table 2.1. Kekeliruan penetapan pengolahan pendahuluan akan turut mempengaruhi pengolahan berikutnya. Di dalam penetapan pilihan metode keadaan limbah sudah seharusnya diketahui sebelumnya. Parameter limbah yang mempunyai peluang untuk mencemarkan lingkungan harus ditetapkan. Misalnya terdapat senyawa fenol dalam air sebesar 2 mg/liter, fosfat 30 mg/liter dan seterusnya.

Dengan mengetahui jenis-jenis parameter di dalam limbah maka dapat ditetapkan metode pengolahan dan pilihan jenis peralatan. Sekali sudah ditetapkan metode dan jenis peralatan maka langkah berikutnya adalah sampai tingkat mana diinginkan menghilangkan/ pengurangan senyawa pencemarnya.

Berapa persenkah kita inginkan pengurangan dan sampai di mana efisiensi peralatan harus dicapai pada tingkat maksimum.

Pengolahan Limbah Cair Industri

Penetapan efisiensi peralatan, dan standar buangan yang diinginkan akan mempengaruhi ketelitian alat, volume air limbah, sistem pemipaan, pemasangan pipa, pilihan bahan kimia dan lain-lain.

Dalam mendesain peralatan, variabel tadi harus dapat dihitung secara tepat. Belum ada suatu jaminan bahwa satu unit peralatan dapat mengendalikan limbah sesuai dengan yang dikehendaki. Sebab di dalam satu unit peralatan terdiri dari berbagai macam kegiatan mulai dari kegiatan pendahuluan sampai kegiatan akhir. Walaupun terdiri dari berbagai kegiatan namun tidak semua jenis kegiatan dipraktekkan, mungkin dengan kombinasi dari beberapa kegiatan saja limbah sudah bebas polusi. Adapun jenis kegiatan dalam pengolahan air limbah dapat diuraikan dalam tabel 1.2.

Tabel 1.2. Proses pengolahan dan Peralatan yang Diperlukan

No.	Jenis kegiatan	Peralatan	Tujuan pengolahan
1.	Penyaringan	<i>Barscreen</i> dan <i>Macks</i> kasar	Untuk menyaring bahan kasar dan padat
2.	Menangkap pasir	<i>Grit chamber</i>	Menghilangkan pasir dan koral
3.	Menangkap lemak dan buih	<i>Skimmer & Greasetrap</i>	Memisahkan bahan-bahan terapung
4.	Perataan air	Tangki ekualisasi	Meratakan konsentrasi
5.	Netralisasi	Bahan kimia	Menetralkan air
6.	Pengendapan	Tangki pengendap	Mengendapkan lumpur dengan bahan kimia
7.	Pengapungan.	Tangki Pengapung	Menghilangkan senyawa terlarut dengan bantuan udara
8.	Lumpur aktif	Bak (kolam)	Menghilangkan larutan organik biologis
9.	<i>Trickling filter</i>	Saringan	Menghilangkan larutan organik biologis
10.	Acrasi	Tangki dan Scompresor	Menghilangkan larutan organik
11.	Karbon aktif	Saringan dengan karbon aktif	Menghilangkan senyawa organik yang tidak dapat berurai
12.	Pengendapan ki-min	Tangki pengendap dan bahan kimia	Mengendapkan bahan kimia
13.	Nitrifikasi	Menara	Menghilangkan nitrat dan nitrit
14.	Chlorinasi	Bahan kimia	Menghancurkan bakteri pathogen

Sumber : Edy & Matcalf, 1983

Pengolahan limbah sering harus menggunakan kombinasi dari berbagai metode, terutama limbah berat yang banyak mengandung jenis parameter/Jarang perusahaan mempergunakan satu proses dan hasilnya baik.

Pilihan peralatan berkaitan dengan biaya, pemeliharaan, tenaga ahli dan kualitas lingkungan. Untuk beberapa jenis pencemar telah ditetapkan metode treatment-nya. Pilihan ini didasarkan atas beberapa referensi dan pengalaman yang telah dicoba berulang kali sampai diperoleh hasil maksimum.

d. Pemilihan Teknologi

Pengolahan Limbah Cair Industri

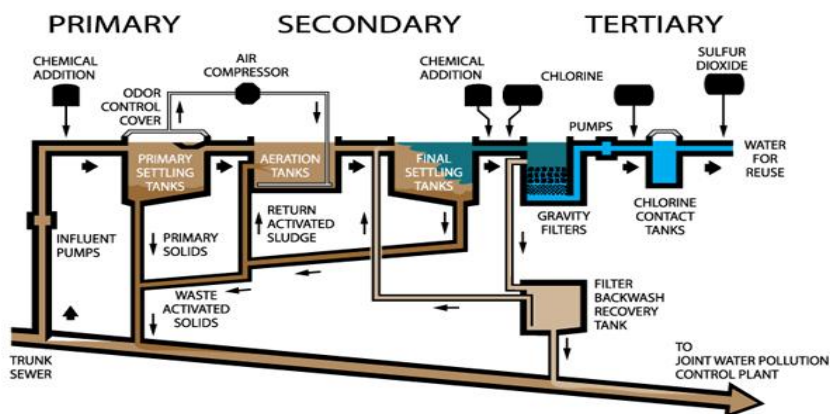
Pemilihan proses yang tepat didahului dengan mengelompokkan karakteristik kontaminan dalam air limbah dengan menggunakan indikator parameter yang sudah ditampilkan di tabel 1.2.

Setelah kontaminan dikarakterisasikan, diadakan pertimbangan secara detail mengenai aspek ekonomi, aspek teknis, keamanan, kehandalan, dan kemudahan peoperasian. Pada akhirnya, teknologi yang dipilih haruslah teknologi yang tepat guna sesuai dengan karakteristik limbah yang akan diolah. Setelah pertimbangan-pertimbangan detail, perlu juga dilakukan studi kelayakan atau bahkan percobaan skala laboratorium yang bertujuan untuk:

1. Memastikan bahwa teknologi yang dipilih terdiri dari proses-proses yang sesuai dengan karakteristik limbah yang akan diolah.
2. Mengembangkan dan mengumpulkan data yang diperlukan untuk menentukan efisiensi pengolahan yang diharapkan.
3. Menyediakan informasi teknik dan ekonomi yang diperlukan untuk penerapan skala sebenarnya.

II. SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR

Tujuan utama pengolahan air limbah ialah untuk mengurai kandungan bahan pencemar di dalam air terutama senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganismenya yang terdapat di alam. Bila dilihat dari tingkat perlakuan pengolahan air limbah maka sistem pengolahan limbah cair diklasifikasikan menjadi ; *Primary Treatment System*, *Secondary Treatment System*, *Tertiary Treatment System* (lihat gambar 2.1)



Gambar 2.1. Wastewater Treatment

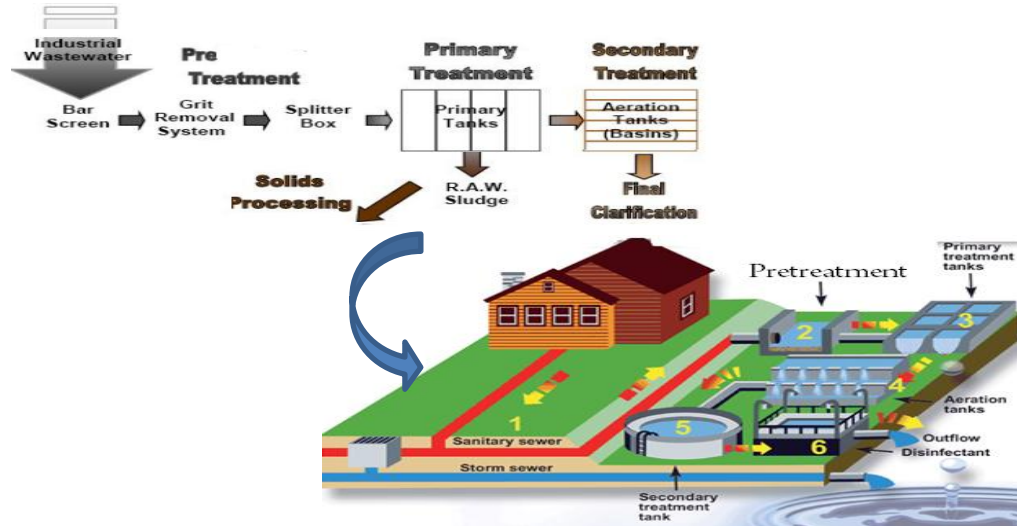
Setiap tingkatan treatment terdiri pula atas sub- sub treatment yang satu dengan lainnya berbeda, tergantung pada jenis parameter pencemar didalam limbah cair, volume limbah cair, dan kondisi fisik lingkungan .

Ada beberapa proses yang dilalui air limbah agar limbah ini benar-benar bebas dari unsur pencemaran.

Pada mulanya air limbah harus dibebaskan dari benda terapung atau padatan melayang. Untuk itu diperlukan treatment pendahuluan (pretreatment). Pengolahan selanjutnya adalah mengendapkan partikel-partikel halus kemudian lagi menetralsasinya. Demikian tingkatan ini dilaksanakan sampai seluruh parameter pencemar dalam air buangan dapat dihilangkan .

2.1. Primary Treatment System

Flow Proses



Gambar 2.3. Skema Flow Proses

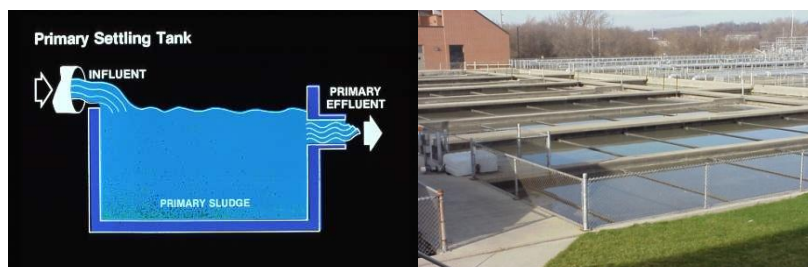
Pada gambar 2.3, memperlihatkan proses pengolahan permulaan yang sering pula didahului dengan pengolahan awal (pretreatment) atau pra perlakuan ; yang mana limbah cair dari sumber lewat (1) sanitary sewer, (2) pretreatment, (3) primary treatment tanks, (4) aeration tanks, (5) secondary treatment tank, (6) disinfectant

1. Pengolahan Awal (Pretreatment)

Tahap pengolahan ini melibatkan proses fisik yang bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan minyak dalam aliran air limbah. Beberapa proses pengolahan yang berlangsung pada tahap ini ialah *screen and grit removal, equalization and storage, serta oil separation*.

2. Pengolahan Tahap Pertama (Primary Treatment)

Pada dasarnya, pengolahan tahap pertama ini masih memiliki tujuan yang sama dengan pengolahan awal. Letak perbedaannya ialah pada proses yang berlangsung. Proses yang terjadi pada pengolahan tahap pertama ialah menghilangkan partikel-partikel padat organik dan organik melalui proses fisika, yakni *neutralization, chemical addition and coagulation, flotation, sedimentation, dan filtration*. Sehingga partikel padat akan mengendap (disebut sludge) sedangkan partikel lemak dan minyak akan berada di atas / permukaan (disebut grease). Dengan adanya pengendapan ini, maka akan mengurangi kebutuhan oksigen pada proses pengolahan biologis berikutnya dan pengendapan yang terjadi adalah pengendapan secara garafitasi



Pengolahan Limbah Cair Industri

Gambar 2.4. Primary Setting Tank

Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik inlet ke titik outlet agar terjadi proses pengendapan secara perlahan dan sempurna disebut waktu tinggal (detention time).

Hubungan antara waktu tinggal, volume air dalam tangki dan laju alir (flow rate), dihitung sebagai berikut :

$$\theta = V_r/Q$$

θ = detention time

V_r = volume air dalam tangki

Q = laju air (flowrate)

Kecepatan air hasil olahan keluar dari outlet disebut kecepatan overflow.

Kecepatan overflow merupakan fungsi dari laju alir dan luas permukaan sebagai berikut:

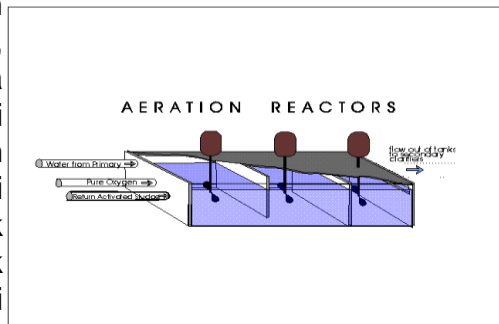
$$V_0 = Q/A$$

V_0 = kecepatan overflow kecepatan air hasilolahan keluar dari outlet

A = luas dari permukaan settling zone.

3. Aeration

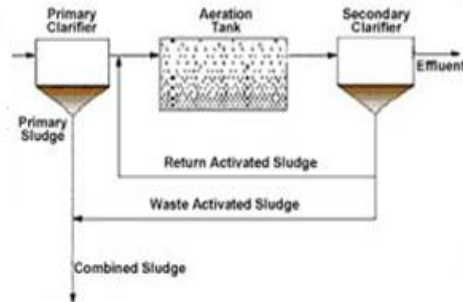
Teknik Pengolahan air limbah banyak ragamnya. Salah satu dari teknik Air limbah adalah proses lumpur aktif dengan aerasi oksigen murni. Pengolahan ini termasuk pengolahan biologi, karena menggunakan bantuan mikroorganisma pada proses pengolahannya. Cara Kerja alat ini adalah sebagai berikut : Air limbah setelah dilakukan penyaringan dan equalisasi dimasukkan kedalam bak pengendap awal untuk menurunkan suspended solid. Air limpasan dari bak pengendap awal dialirkan ke kolam aerasi melalui satu pipa dan dihembus dengan udara sehingga mikroorganisma bekerja menguraikan bahan organik yang ada di air limbah. Dari bak bak aerasi air limbah dialirkan ke bak pengendap akhir, lumpur diendapkan, sebagian lumpur dikembalikan ke kolam aerasi.



Keuntungannya :

- daya larut oksigen dalam air limbah lebih besar;
- efisiensi proses lebih tinggi; dan
- cocok untuk pengolahan air limbah dengan debit kecil untuk polutan organik yang susah terdegradasi

Pengolahan Limbah Cair Industri



Gambar 2.5. Aeration Tank

2.2. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Pada tahap ini air limbah menggunakan bahan-bahan kimia agar senyawa-senyawa dalam pencemar dalam limbah diikat melalui reaksi kimia.

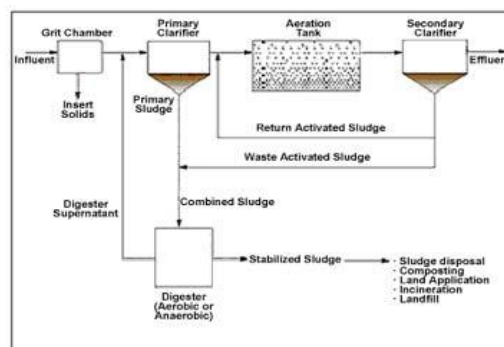
Karena itu sistem operasinya disebut juga dengan cara kimia yaitu metoda pengolahan dengan menghilangkan atau mengubah senyawa pencemar dalam air limbah dengan menambahkan bahan kimia.

Zat-zat pencemar pada umumnya berada pada jenis padatan suspensi. Padatan terlarut dalam koloidal. Padatan ini tidak mengalami pengendapan secara alami walaupun dalam jangka waktu relative lama. Oleh karena itu diperlukan bahan kimia yang direaksikan agar terjadi pengikatan senyawa pencemar baik dalam bentuk gumpalan atau pengapungan.

Menggunakan bahan kimia membutuhkan perkiraan dari sudut biaya mengingat diantara bahan-bahan tersebut harganya cukup mahal. Dengan menggunakan bahan kimia berarti akan timbul unsur bau dalam air buangan dan diharapkan semakin mudah mengembalinya, atau bahan tersebut berfungsi sebagai katalisator. Proses ini mempunyai kelemahan yaitu bagaimana mengambil unsur baru yang terjadi akibat reaksi terjadi.

Pengendapan dengan kapur akan menimbulkan lumpur yang harus direncanakan cara mengambil dan sarana pembuangannya.

Pengolahan limbah dengan tingkatan kedua atau menggunakan bahan kimia bertujuan mengendapkan bahan, mematikan bakteri patogen mengikat dengan cara oksidasi atau reduksi menetralkan konsentrasi kelarutan asam dan desinfektasia.



Gambar 2.6. Secondary Sewage Treatment Process

Pengolahan Limbah Cair Industri

Tiga cara pendekatan yang umum digunakan pada tahap mengurangi bahan kimia pencemar dalam air limbah ; Perlakuan pertama yaitu penambahan bahan kimia koagulasi dengan pengadukan cepat 1000 rpm, bahan yang umum digunakan adalah alum (tawas), poyaluminium chlorida. Perlakuan kedua menambahkan bahan flokulan melalui pengadukan lambat 200 rpm, bahan yang digunakan polyelectrolit. Perlakuan ketiga yaitu klarifikasi pemisahan padatan lumpur yang telah terjadi flok- flok dan mulai mengendap .

Bahan-bahan pencemar yang dapat dihilangkan atau dikurangi dengan penambahan bahan kimia adalah :

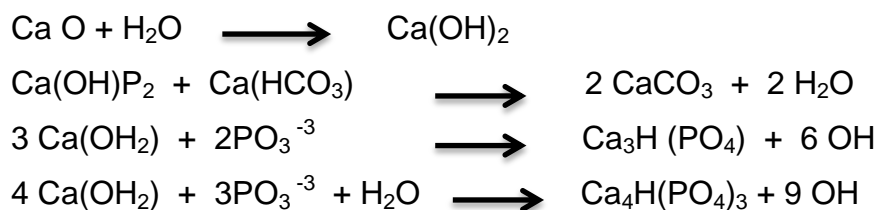
1. Padatan tersuspensi dalam limbah cair baik yang terdiri dari material organik maupun anorganik yang masih ada pada air limbah
2. Phospat terlarut dapat direduksi bila kadar kurang dari pada 1 mg/l dengan bahan pengendap alum (tawas), ferry sulfat .
3. Calcium, magnesium, silicon, dapat dihilangkan dengan kapur CaOH. Khusus untuk Calcium dan magnesium efesien lebih tinggi tercapai bila kapur dalam air buangan terdiri dari carbonat yang tinggi
4. Beberapa logam berat dapat dihilangkan dengan penambahan kapaur (lime) seperti dalam pengendapan cadium, chromium, cooper nikel, plumbum.
5. Pengurangan bakteri dan virus dapat dicapai dengan kapur pada kondisi pH 10,5 – 11,5 dengan cara pengumpulan dan simentasi .

2.2.1. Pengendapan dengan bahan kimia .

Beberapa contoh umum yang dipergunakan sebagai bahan pengendap disajikan dalam uraian berikut ; koagulan utama yang dipakai adalah ; kapur (lime), alum (tawas) feery chloride, ferry sulfat,

Kapur

Reaksi kapur dengan phospat (unsur phospat banyak dijumpai dalam air limbah maupun dalam air alami), sebagai berikut :



Alum (tawas)

Reaksi alum dalam air,



Pengolahan Limbah Cair Industri

2.2.2. Netralisasi pada pengolahan limbah cair

Sebagian besar limbah cair dari industri mengandung bahan-bahan yang bersifat asam (Acidic) ataupun Basa (alkaline) yang perlu dinetralkan sebelum dibuang ke badan air maupun sebelum limbah masuk pada proses pengolahan, baik pengolahan secara biologis maupun secara kimiawi, proses netralisasi tersebut bisa dilakukan sebelum atau sesudah proses equalisasi.

Untuk mengoptimalkan pertumbuhan mikroorganisme pada pengolahan secara biologi, pH perlu dijaga pada kondisi antara pH 6,5 – 8,5, karena sebagian besar mikroba aktif atau hidup pada kondisi pH tersebut. Proses koagulasi dan flokulasi juga akan lebih efisien dan efektif jika dilakukan pada kondisi pH netral.

Netralisasi adalah penambahan Basa (alkali) pada limbah yang bersifat asam (pH < 7). Pemilihan bahan/reagen untuk proses netralisasi banyak ditentukan oleh harga/biaya dan praktisnya, Bahan (reagen) yang biasa digunakan tersebut adalah :

Asam :

- Sulfuric acid (H_2SO_4)
- Hydrochloric acid (HCl)
- Carbon dioxide (CO_2)
- Sulfur dioxide
- Nitric acid



Bak netralisasi

Gambar 2.5. Bak Netralisasi

Basa :

- Caustic soda (NaOH) Ammonia
- Soda Ash (Na_2CO_3) Limestone ($CaCO_3$)

[Equalisasi Pada Pengolahan Limbah Cair](#)

Equalisasi bukan merupakan suatu proses pengolahan tetapi merupakan suatu cara / teknik untuk meningkatkan efektivitas dari proses pengolahan selanjutnya. Keluaran dari bak equalisasi adalah parameter operasional bagi unit pengolahan selanjutnya seperti flow, level/derajat kandungan polutan, temperatur, padatan, dsb.

Pengolahan Limbah Cair Industri



Bak equalisasi

Gambar 2.6. Bak Equalisasi

Kegunaan dari equalisasi adalah :

1. Membagi dan meratakan volume pasokan (influent) untuk masuk pada proses treatment.
2. Meratakan variabel & fluktuasi dari beban organik untuk menghindari shock loading pada sistem pengolahan biologi
3. Meratakan pH untuk meminimalkan kebutuhan chemical pada proses [netralisasi](#).
4. Meratakan kandungan padatan (SS, [koloidal](#), dan lain sebagainya) untuk meminimalkan kebutuhan chemical pada proses koagulasi dan flokulasi.

Sehingga dilihat dari fungsinya tersebut, unit bak equalisasi sebaiknya dilengkapi dengan mixer, atau secara sederhana konstruksi/peletakan dari pipa inlet dan outlet diatur sedemikian rupa sehingga menimbulkan efek turbulensi mixing. Idealnya pengeluaran (discharge) dari equalisasi dijaga konstan selama periode 24 jam, biasanya dengan cara pemompaan maupun cara cara lain yang memungkinkan.

Menghitung volume bak equalisasi

Untuk menentukan kebutuhan volume bagi bak equalisasi, perlu diketahui dahulu flow patern dari discharge limbah yang ada, seperti kita ketahui sangatlah jarang dan langka discharge limbah yang konstan dari waktu ke waktu, karena jika discharge dan bebannya sudah konstan maka tidaklah perlu dibuat bak equalisasi.

Untuk mendapatkan data flow patern perlu dilakukan pengukuran debit limbah secara periodik (misalnya setiap 30 menit atau setiap jam) dalam kurun waktu tertentu, tergantung pada proses yang ada (24 jam, 1 minggu, 1 bulan. dlsb.) artinya adalah : ada siklus proses yang selesai dalam 1 hari dan diulang ulang lagi proses tersebut pada hari berikutnya, untuk kasus tersebut pengukuran debit limbah cukup dilakukan selama 24 jam, tetapi ada kasus lain dimana siklus prosesing memakan waktu sampai beberapa hari, artinya proses hari ini berbeda dengan proses esok harinya dan berbeda juga pada hari lusanya dar, seterusnya, sehingga pada kasus ini perlu diamati terus minimal selama 1 siklus

2.2.3. Oksdasi dan Reduksi

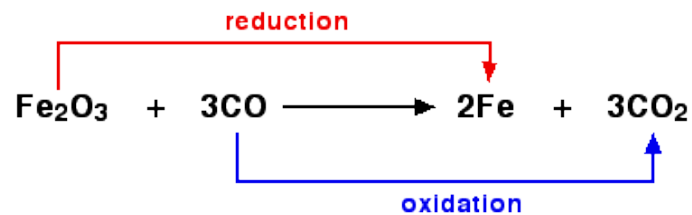
Pengertian oksidasi dan reduksi disini lebih melihat dari segi transfer oksigen, hidrogen dan elektron. Disini akan juga dijelaskan mengenai zat pengoksidasi (oksidator) dan zat pereduksi (reduktor).

Oksidasi dan reduksi dalam hal transfer oksigen

Pengolahan Limbah Cair Industri

Dalam hal transfer oksigen, Oksidasi berarti mendapat oksigen, sedang Reduksi adalah kehilangan oksigen.

Sebagai contoh, reaksi dalam ekstraksi besi dari biji besi:



Karena **reduksi** dan **oksidasi** terjadi pada saat yang bersamaan, reaksi diatas disebut reaksi **REDOKS**.

Zat pengoksidasi dan zat pereduksi

Oksidator atau zat pengoksidasi adalah zat yang mengoksidasi zat lain. Pada contoh reaksi diatas, besi(III)oksida merupakan oksidator.

Reduktor atau zat pereduksi adalah zat yang mereduksi zat lain. Dari reaksi di atas, yang merupakan reduktor adalah karbon monooksida.

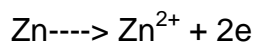
Jadi dapat disimpulkan:

- oksidator adalah yang memberi oksigen kepada zat lain,
- reduktor adalah yang mengambil oksigen dari zat lain

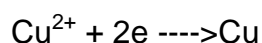
Bahan kimia sebagai pengoksidasi seperti chlorine dan ozon dipakai untuk mengubah bahan organik dan an organik menjadi bentuk sesuai yang diinginkan.

Bahan- bahan yang digunakan untuk mereduksi BOD, warna, dan mengubah bahan spesifik seperti sinidia (banyak terdapat pada pabrik tapioca, dan pabrik pengolahan logam) menjadi produk yang berguna .

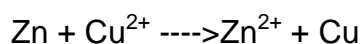
Sebagai contoh, kita lihat reaksi oksidasi



Reaksi ini harus mempunyai pasangan berupa reaksi reduksi agar jelas kepada siapa elektron itu diberikan, misalnya :



Dengan demikian, kedua reaksi diatas masing-masing baru merupakan setengah reaksi, sedangkan reaksi lengkapnya adalah :



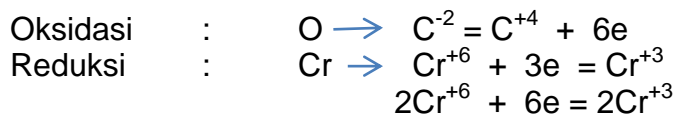
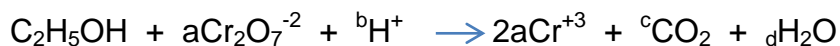
Reaksi lengkap ini disebut reaksi redoksi (singkatan dari reduksi-oksidasi) sebab mengandung dua peristiwa sekaligus : Zn teroksidasi menjadi Zn^{2+} dan Cu^{2+} tereduksi menjadi Cu.

Zat yang mengalami oksidasi (melepaskan elektron) disebut reduktor (pereduksi), sebab ia menyebabkan zat lain mengalami reduksi, sebaliknya zat yang mengalami reduksi disebut oksidator (pengoksidasi).

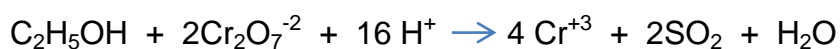
Pada contoh reaksi diatas Zn merupakan reduktor, sedangkan Cu^{2+} merupakan oksidator.

Reduksi Oksidai untuk oksidasi ethanol menjadi CO_2 dan H_2O dengan asam potash dichromat :

Pengolahan Limbah Cair Industri



Reaksi akhir :



Reduktor = Zat yang mengalami oksidasi

Oksidator = Zat yang mengalami reduksi

2.2.4. Chlorinasi dan Penghilang Chlor

Adanya bakteri pathogen dapat dihancurkan dengan chlorinasi. Baik tidaknya hasil reaksi ditentukan temperatur, pH, waktu kontak turbidity dan konsentrasi chlorine. Chlorine yang dilarutkan dalam air menghasilkan :



Karbon aktif akan mengadsorbsi chlorine bebas :



Reaksi dengan Chloramine :



Dalam air limbah yang telah dichlorinasi masih terdapat sisa-sisa chlor yang membahayakan manusia maupun biota dalam air, karena mempunyai sifat racun. Sisa-sisa chlor yang masih tertinggal perlu diambil dengan metode menggunakan karbon aktif atau sodium sulfat. Umumnya sisa chlor diambil pada akhir proses pengolahan limbah setelah selesai pengendapan dan suasananya dalam keadaan netral. Penggunaan karbon aktif lebih murah dan gampang cara pengoperasiannya.

2.2.5. Phenol dalam Air Buangan Limbah

Unsur phenol dalam air buangan di jumpai pada limbah pabrik plywood dan limbah pabrik pembuatan lem.

Oksidasi kimia digunakan untuk menghancurkan phenol dengan beberapa cara, diantaranya adalah mengatur bahan konsentrasi buangan phenol dengan cara menambahkan air agar terdapat konsentrasi sebagai yang diinginkan.

Setelah konsentrasinya merata maka pengoksidasian dengan kimia lebih muda. Penghancuran phenol dengan cara pembakaran atau dengan biological trimen sering digunakan, tapi umumnya lebih murah bila digunakan cara oksidasi kimia.

Oksidasi kimia dipergunakan apabila lumpur buangan phenol cukup tinggi dalam bak equalisasi.

Pengolahan Limbah Cair Industri

Sebagai bahan oksidasi dipakai peroksida, chlorine, dioksidasi, dan potassium permanganat, hasilnya terjadi perubahan phenol menjadi senyawa organik . Menggunakan hydrogen peroksida sebagai oksidator dibutuhkan 1 pond peroksida untuk menghilangkan 1 pond phenol dan dapat mengurangi phenol sampai 98 % . Bersamaan dengan pengurangan phenol akan mengurangi kosentrasi COD

2.2.6. Sulfur dalam Air Buangan Limbah

Sulfur mempunyai bentuk bermacam-macam dalam air buangan. Dalam industri pupuk, industri pulp, industri asam sulfat konsentrasinya cukup tinggi .

Jenis sulfur yang terdapat dalam air buangan seperti, asam sulfide, sulfid, sulfat, sulfur dioksida, membuat limbah mengeluarkan bau sengit dan tidak menyenangkan .

Pada kosentrasi rendah sampai dengan ambang batas yang diizinkan tetap mengeluarkan bau (misalnya pabrik karet crumb rubber mengeluarkan bau sulfur yang sukar menghindarkannya).

Pengolahan buangan yang mengandung sulfur dapat dilakukan melalui treatment proses biologi maupun proses kimia ataupun karbon aktif. Dengan proses kimia kandungan unsur sulfur dioksida atau diendapkan . Bahan pengoksidasi dipergunakan oksigen chlorine, ozon, hydrogen peroksida atau pemanganat. Efisiensi oksidasi tergantung pada pengaruh temperatur, pH dan kosentrasi . Menggunakan oksidasi kimia untuk menghilangkan sulfur harus dievaluasi secara kasus- perkasus.

Oksidasi sulfid dengan oksigen pada permulaan merubahnya menjadi sulfur, kemudian menjadi polisulfida dan berikutnya menjadi thiosulfate .

Tabel 2-1 : Beberapa parameter pencemar dan pilihan peralatan dan pengolahan

Pengolahan Limbah Cair Industri

No.	Parameter pencemar	Pilihan metode peralatan
1.	Suspensi solid	Sedimentasi, <i>clarification</i> , <i>floatation</i> , <i>coagulation</i> , <i>flocculation</i> , <i>filtration</i> , <i>microscreening</i> .
2.	Minyak dan lemak	<i>Crauityseparation</i> , <i>skimming</i> <i>dissolved air floatation</i> , <i>autsorbtion filtration</i> .
3.	Bahan-bahan anorganik	<i>Aeration & sedimentation</i> , <i>coagulation &</i> <i>sedimentation</i> , <i>ion exchange</i> , <i>softening</i> dan <i>filtration</i> .
4.	Cuper (tembaga)	<i>Coagulation & precipitation</i> , <i>ion exchange</i> .
5.	Chromium	<i>Reduction dan precipitation</i> , <i>ion exchange</i> , <i>electro chemical</i> .
6.	Phosphor	<i>Chemical precipitation</i> , <i>ion exchange</i> , <i>chemical</i> <i>precipitation</i> .
7.	S e n g	<i>Chemical precipitation</i> , <i>ion exchange</i> , <i>chcmi</i> <i>cal precipalation</i> .
8.	<i>Total dissolved solid</i>	<i>Reverse osmosis</i> , <i>ion exchange</i> , <i>evaporation</i> , <i>electrodalysis distalation</i> .
9.	<i>Sludge</i>	<i>Flotation</i> , <i>thickening</i> , <i>evaporation</i> <i>coagulation</i> <i>& flocculation</i> , <i>centrifugation</i> , <i>land fill</i> , <i>anaerobic</i> , <i>incineration</i> , <i>kolam atabilisasi</i> .
10.	Keasaman dan Kebasaan	Netralisasi

Sumber : Eddy & Matcalf, 1983

2.3. Tertiari Treatment .

Pengolahan ini merupakan kelanjutan dari pengolahan **sekunder** (*Secondary Treatment*) . Pada system ini pengolahan limbah dengan kosentrasi bahan pencemar tinggi atau limbah dengan parameter yang bervariasi banyak dengan volume yang relative banyak .

Sistim operasinya dikenal dengan operasi biologi yaitu metode pengolahan dengan menghilangkan senyawa pencemar melalui aktivitas biological yang dilakukan pada peralatan unit proses biologi . Metode ini dipakai terutama untuk menghilangkan bahan organic biodegradable dalam limbah cair. Senyawa-senyawa organic tersebut dikonversikan menjadi gas dan air yang kemudian dilepaskan di atmosfer. Zat- zat organic dengan rantai korban panjang diubah menjadi rantai ikatan karbon sederhana dan air yang berbentuk gas.

Untuk menghilangkan senyawa nitrogen dalam air dipakai proses aerasi dengan menggunakan metode biologi . Unit proses dipakai pada proses biologi yaitu : kolam aerobic, aerasi, lumpur aktif, kolam oksidasi, dan saringan biologi dan kolam anaerobic (jenis bahan pencemar dan peralatan yang dipergunakan untuk menghilangkan bahan pencemar , lihat table 2-1)

2.4. Cara Menentukan Titik Sampling Air Limbah

Pengolahan Limbah Cair Industri

Air limbah atau limbah cair industri adalah limbah yang dihasilkan pada setiap tahap proses produksi yang berupa air sisa, air bekas proses produksi, atau air bekas pencucian peralatan industri.

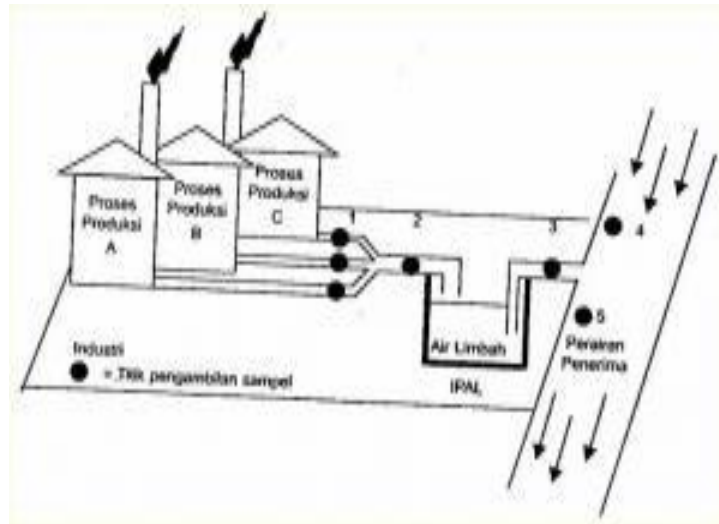
Berdasarkan Undang-Undang No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mengamanatkan bahwa air limbah industri harus dipantau secara berkala. Data yang diperoleh dari lokasi pemantauan dan titik pengambilan harus dapat menggambarkan kualitas air limbah yang akan disalurkan ke perairan penerima.

Tujuan penentuan lokasi dan titik pengambilan sampel antara lain adalah:

1. Mengetahui efisiensi proses produksi.
Caranya adalah sampel diambil dari bak kontrol air limbah sebelum masuk ke pipa atau saluran pembuangan yang menuju ke instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Pengambilan sampel di lokasi ini dilakukan apabila suatu industri menghasilkan berbagai jenis produk dengan proses produksi dan karakteristik limbah yang berbeda. Semakin kecil konsentrasi air limbah dan beban pencemaran, efisiensi produksi semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya.
2. Mengevaluasi efisiensi IPAL.
Caranya adalah sampel diambil pada titik masuk (*inlet*) dan titik keluar (*outlet*) IPAL dengan memperhatikan waktu retensi. Sampel harus diambil pada waktu proses industri berjalan normal.
3. Mengendalikan pencemaran air.
Caranya adalah sampel diambil pada:
 - a. Titik perairan penerima sebelum air limbah masuk ke badan air. Pengambilan ini untuk mengetahui kualitas perairan sebelum dipengaruhi oleh air limbah. Data hasil pengujian sampel biasanya lalu digunakan sebagai pembandingan atau kontrol.
 - b. Titik akhir saluran pembuangan limbah (*outlet*) sebelum air limbah disalurkan ke perairan penerima. Apabila data hasil pengujian melebihi nilai baku mutu lingkungan, dapat disimpulkan bahwa industri terkait melanggar hukum.
 - c. Titik perairan penerima setelah air limbah masuk ke badan air, namun sebelum menerima air limbah lainnya. Pengambilan tersebut untuk mengetahui kontribusi air limbah terhadap kualitas perairan penerima.

Lokasi dan titik Pengambilan Sampel Lingkungan.

Pengolahan Limbah Cair Industri



Keterangan:

1. bak kontrol saluran air limbah.
2. *input* IPAL (*influent*)
3. *output* IPAL (*effluent*)
4. perairan penerima sebelum air limbah masuk ke badan air
5. perairan penerima setelah air limbah masuk ke badan air

III. METODE BIOLOGIS

Pengolahan secara biologi

Semua air buangan yang *biodegradable* dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu:

1. Reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reaktor*);
2. Reaktor pertumbuhan lekat (*attached growth reaktor*).

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Proses lumpur aktif yang banyak dikenal berlangsung dalam reaktor jenis ini. Proses lumpur aktif terus berkembang dengan berbagai modifikasinya, antara lain: *oxidation ditch* dan kontak-stabilisasi. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif konvensional, *oxidation ditch* mempunyai beberapa kelebihan, yaitu efisiensi penurunan BOD dapat mencapai 85%-90% (dibandingkan 80%-85%) dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Selain efisiensi yang lebih tinggi (90%-95%), kontak stabilisasi mempunyai kelebihan yang lain, yaitu waktu detensi hidrolis total lebih pendek (4-6 jam). Proses kontak-stabilisasi dapat pula menyisihkan BOD tersuspensi melalui proses absorpsi di dalam tangki kontak sehingga tidak diperlukan penyisihan BOD tersuspensi dengan pengolahan pendahuluan.

Kolam oksidasi dan *lagoon*, baik yang diaerasi maupun yang tidak, juga termasuk dalam jenis reaktor pertumbuhan tersuspensi. Untuk iklim tropis seperti Indonesia, waktu detensi hidrolis selama 12-18 hari di dalam kolam oksidasi maupun dalam

Pengolahan Limbah Cair Industri

lagoon yang tidak diaerasi, cukup untuk mencapai kualitas efluen yang dapat memenuhi standar yang ditetapkan. Di dalam *lagoon* yang diaerasi cukup dengan waktu detensi 3-5 hari saja.

Di dalam reaktor pertumbuhan lekat, mikroorganismenya tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Berbagai modifikasi telah banyak dikembangkan selama ini, antara lain:

1. *trickling filter*
2. cakram biologi
3. filter terendam
4. reaktor fludisasi

Seluruh modifikasi ini dapat menghasilkan efisiensi penurunan BOD sekitar 80%-90%.

Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan menjadi dua jenis:

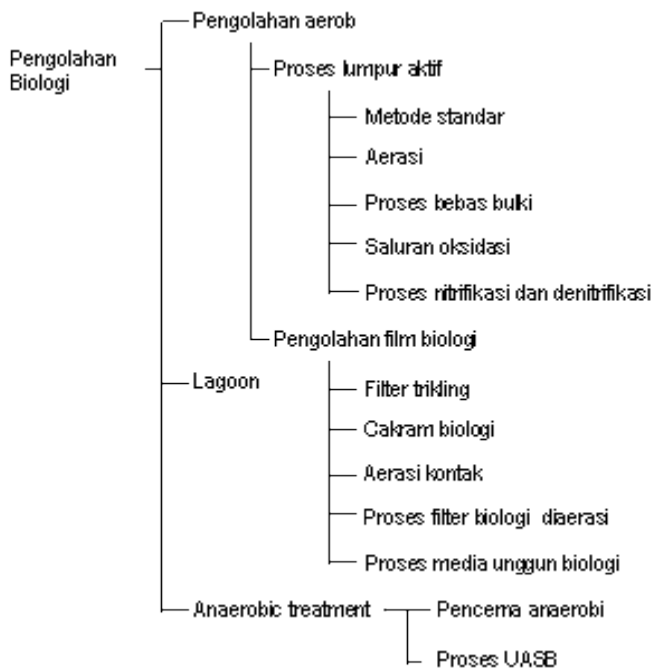
1. Proses aerob, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen;
2. Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

Apabila BOD air buangan tidak melebihi 400 mg/l, proses aerob masih dapat dianggap lebih ekonomis dari anaerob. Pada BOD lebih tinggi dari 4000 mg/l, proses anaerob menjadi lebih ekonomis.

Pengolahan Biologi

- Pengolahan aerob
- Anaerobic treatment
- Pencerna anaerobi
- Proses UASB
- Proses lumpur aktif
- Aerasi
- Saluran oksidasi
- Proses bebas bulki
- Metode standar
- Proses nitrifikasi dan denitrifikasi
- Pengolahan film biologi
- Lagoon
- Cakram biologi
- Proses filter biologi diaerasi
- Aerasi kontak
- Filter trikling
- Proses media unggun biologi

Pengolahan Limbah Cair Industri



Dalam prakteknya saat ini, teknologi pengolahan limbah cair mungkin tidak lagi sesederhana seperti dalam uraian di atas. Namun pada prinsipnya, semua limbah yang dihasilkan harus melalui beberapa langkah pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan atau kembali dimanfaatkan dalam proses produksi, dimana uraian di atas dapat dijadikan sebagai acuan. [DAW]

Gambar 3.1 Skema Diagram pengolahan Biologi

Air limbah mungkin terdiri dari satu atau lebih parameter pencemar melampaui nilai yang ditetapkan. Kemungkinan di dalamnya terdapat minyak dan lemak, bahan anorganik seperti besi, aluminium, nikel,plumbum, barium, fenol dan lain-lain sehingga perlu kombinasi dari beberapa alat. Untuk menurunkan BOD dan COD dapat dilakukan dengan metode aerasi dan ternyata metode ini juga cukup baik untuk melakukan pengeringan suspensi solid.

Perlakuan terhadap limbah dengan metode tertiary treatment adalah menggunakan organisme perombak limbah. Karena metode ini sering juga disebut metode biologi yaitu memanfaatkan kehidupan bakteri dalam merombok limbah .

Pengolahan limbah dengan cara biologis dapat dilakukan dengan dua cara , yaitu , (1) Aerobic treatment dan (2) Anaerobic treatment . Kedua metode ini mempunyai proses yang berbeda, karena proses aerobic membutuhkan oksigen dalam prosesnya, sedangkan proses anerobic harus memimumkan oksigen,agar proses perombokan limbah dapat berlangsung secara sempurna

Pengolahan Limbah Cair Industri

Type of Treatment	Aerobic Treatment	Anaerobic Treatment
Suspended Biomass	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Activated Sludge ▪ Modified Activated Sludge (extended, Caroussel) ▪ Aerated Lagoon ▪ Oxydation Ponds 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Septic Tank ▪ Imhoff Tank ▪ Anaerobic Lagoon ▪ Uplift Anaerobic Sludge ▪ Blanket (UASB) ▪ Anaerobic contact. Baffled ▪ Septic Tank
	Oxydation Ditch, Facultative Pond, Jokasso, SBR	
Attached Biomass	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trickling Filter ▪ Rotating Biological Contactor (RBC) ▪ Contact Aeration 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Anaerobic Filter

Kelebihan dan Kekurangan Sistem Aerobik dan Anaerobik dalam Pengolahan Air Limbah

Dalam pengolahan air limbah tiap pemilihan sistem ada landasannya, salah satunya yaitu pemilihan sistem aerobik. Dalam pemilihan ini ternyata terdapat keuntungan dan kerugian tiap-tiap sistem. Karenanya dalam pemilihan dua alternatif ini kita harus mengerti kondisi dari proses itu sendiri. Untuk mengetahui lebih lanjut :

Aerobik (Extended Aeration)

1. Kelebihan

- a. Sudah dikenal dan banyak digunakan pada umumnya digunakan untuk kapasitas kecil sampai besar.
- b. Diterapkan dalam pengolahan air limbah dengan konsentrasi BOD dan COD rendah pada temperatur 5 - 30 °C.
- c. Mampu menanggulangi "Loading Fluctuation".
- d. Effluen dapat langsung dibuang ke badan penerima (sungai, dsb).

2. Kekurangan

- a. Membutuhkan area yang lebih luas
- b. Pemakaian energi lebih tinggi dengan adanya aerator
- c. Lumpur yang dihasilkan banyak

ANAEROBIK (UASB)

1. Kelebihan

- a. Sesuai untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi BOD lebih tinggi dan untuk kapasitas menengah sampai besar.
- b. Menghasilkan biogas (70-90 % CH₄).
- c. Tidak membutuhkan energi untuk oksidasi
- d. Membutuhkan area lebih kecil
- e. Lumpur yang dihasilkan sedikit.

Pengolahan Limbah Cair Industri

2. Kekurangan
 - a. Temperatur air limbah harus dijaga sekitar 20-35 C
 - b. Setelah diolah dalam sistem anaerobik effluen perlu diolah lagi secara aerob sebelum di buang ke badan penerima untuk mereduksi parameter NH₄
 - c. Tidak sesuai untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi nitrat dan atau sulfat tinggi.
 - d. Pengoperasian cukup rumit karena sangat tergantung pada temperatur dan pH air limbah.

Pengolahan dengan system aerob dapat dilakukan dengan berbagai cara tergantung pada poses penyediaan oksigen , penyediaan lahan dan situasi dan kondisi lingkungan, antara lain lumpur aktif, nitrifikasi, lagon ersi, proses digestin reobik kolam oksidasi, saringan tetes, dan saringan kasar. Poses dengan cara aerobik biasanya digunakan untuk limbah dengan konserasi rendah *biochemical oxygen demand* (BOD) < 2000 mg/l. Proses anaerobic hanya menghasilkan *biochemical oxygen demand* (BOD) dengan konversi (10 – 40) % dari kondisi awal dan untuk itu proses aerob diperlukan membantu melanjutkan proses perombakan .

IV. PROSES ANAEROBIK

Anaerobik adalah kata teknis yang secara harfiah berarti "tanpa udara" (dimana "udara" biasanya berarti oksigen). Kata yang berlawanan dengannya adalah aerobik. Dalam pengolahan limbah, tidak adanya oksigen dinamakan sebagai '**anoxic**'; sedangkan **anaerobik** digunakan untuk mengindikasikan tidak adanya akseptor elektron (nitrat, sulfat atau oksigen)

Anaerobik juga dapat merujuk pada:

- Aktivitas anaerobik, pemecahan bahan-bahan organis oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen
- Latihan anaerobik, merupakan salah satu bentuk latihan olah raga.
- Anaerobik glikolisis, perubahan dari gula menjadi alkohol dengan menggunakan ragi - lihat Fermentasi
- Organisme anaerobik, setiap organisme yang tidak membutuhkan oksigen untuk tumbuh
- Respirasi anaerobik, oksidasi molekul tanpa oksigen.
- Oksidasi ammonium anaerobik, *anammox*, proses mikrobial yang menggabungkan ammonium dan nitrit.

Organisme anaerobik

Organisme anaerobik atau anaerob adalah setiap organisme yang tidak memerlukan oksigen untuk tumbuh.

- Anaerob obligat akan mati bila terpapar pada oksigen dengan kadar atmosfer.
- Anaerob fakultatif dapat menggunakan oksigen jika tersedia.
- Organisme aerotoleran dapat hidup walaupun terdapat oksigen di sekitarnya, tetapi mereka tetap anaerobik karena mereka tidak menggunakan oksigen sebagai *terminal electron acceptor* (akseptor elektron terminal).

Pengolahan Limbah Cair Industri

Mikroaerofil adalah organisme yang dapat menggunakan oksigen, tetapi hanya pada konsentrasi yang rendah (rentang mikromolar rendah); pertumbuhannya dihambat oleh level oksigen yang normal (sekitar 200 mikromolar). Nanaerob adalah organisme yang tidak dapat tumbuh bila terdapat konsentrasi mikromolar oksigen, tetapi dapat tumbuh dan diuntungkan pada konsentrasi nanomolar oksigen.

Anaerob obligat dapat menggunakan fermentasi atau respirasi anaerobik. Jika terdapat oksigen, anaerob fakultatif menggunakan respirasi aerobik; tanpa oksigen beberapa diantaranya berfermentasi, beberapa lagi menggunakan respirasi anaerobik.

Organisme aerotoleran hanya dapat berfermentasi. Mikroaerofil melakukan respirasi aerobik, dan beberapa diantaranya dapat juga melakukan respirasi anaerobik.

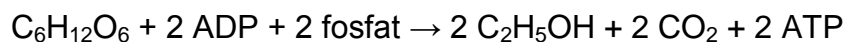
Terdapat beberapa persamaan kimia untuk reaksi fermentasi anaerobik.

Organisme anaerobik fermentatif biasanya menggunakan jalur fermentasi asam laktat:



Energi yang dilepaskan pada persamaan ini sekitar 150 kJ per mol, yang disimpan dalam regenerasi dua ATP dari ADP per glukosa. Ini hanya 5% energi per molekul gula daripada yang dapat dihasilkan oleh reaksi aerobik.

Tumbuhan dan jamur (contohnya ragi) biasanya melakukan fermentasi alkohol (etanol) ketika oksigen terbatas melalui reaksi berikut:



Energi yang dilepaskan sekitar 180 kJ per mol, yang disimpan dalam regenerasi dua ATP dari ADP per glukosa.

Bakteri anaerobik dan *archaea* menggunakan jalur ini dan beberapa jalur lainnya dalam melakukan fermentasi seperti: fermentasi asam propionat, fermentasi asam butirat, fermentasi pelarut, fermentasi asam campuran, fermentasi butanediol, fermentasi Stickland, asetogenesis atau metanogenesis.

Beberapa bakteri anaerobik menghasilkan toksin (racun) seperti toksin tetanus atau botulinum yang sangat berbahaya bagi organisme yang lebih besar, termasuk manusia.

Anaerob obligat akan mati bila terdapat oksigen karena tidak adanya enzim superoksida dismutase dan katalase yang dapat mengubah superoksida berbahaya yang timbul dalam selnya karena adanya oksigen.

Proses pengolahan anaerobic terdiri dari dua sistem yaitu (1) Sistem Anaerobic Filter (atau dikenal juga dengan sebutan Fixed Bed atau Fixed Film Reactor), (2) sistem proses kontak anaerobik

Sistem Anaerobic Filter

Pada sistem septic tank dan **imhoff tank** yang telah dibahas diatas proses yang terjadi adalah sedimentasi (pengendapan) dari bahan-bahan yang dapat terendapkan dan seterusnya terjadi proses digestion/penguraian dari bahan terendapkan tersebut.

Sedangkan kandungan yang masih terikut (tidak terendapkan) praktis tidak mengalami proses apapun.

Pengolahan Limbah Cair Industri

Anaerobic Filter (atau dikenal juga dengan sebutan Fixed Bed atau Fixed Film Reactor) mempunyai prinsip yang berbeda dengan septic tank & imhoff tank, karena sistem ini justru diharapkan untuk memproses bahan-bahan yang tidak terendapkan dan bahan padat terlarut (dissolved solid) dengan cara mengkontakkan dengan surplus mikro organisme. Mikro organisme tersebut akan menguraikan bahan organik terlarut (dissolved organic) dan bahan organik yang terdispersi (dispersed organic) yang ada didalam limbah.

Karena itu yang dimaksudkan sebagai filter disini adalah media dimana bakteri dapat menempel dan limbah dapat mengalir/lewat diantaranya. Selama aliran ini kandungan organik akan diuraikan oleh berbagai bakteri dan hasilnya adalah pengurangan kandungan organik pada effluent. Media yang digunakan bermacam-macam tetapi

Media yang baik luas permukaannya (surface area) kira-kira 100 – 300 m² per m³ volume yang ditempatinya.

Dengan pola pikir itu maka kita cenderung untuk memilih media yang mempunyai surface area yang besar dengan harapan hasilnya akan baik sekali. Misalnya tepung arang, pasir, dlsb.

Tetapi biasanya media dengan butiran terlampau kecil akan memberikan performance yang baik beberapa hari saja. Seterusnya terjadi blocking diakibatkan oleh lapisan bakteri yang menempel dipermukaannya. Setelah terjadi blocking unjuk kerjanya malahan buruk sekali. Padahal bila terjadi blocking, urusan membongkar dan membersihkannya merupakan pekerjaan yang paling menjengkelkan. Karena itu media harus sedemikian agar surface areanya cukup luas tetapi tidak sampai tersumbat / blocking / clogging.

Istilah teknisnya adalah media yang mempunyai SSA (specific surface area) yang luas dan VR (void ratio) yang tinggi. Urusan media inilah yang kemudian di kutak katik oleh para ahli teknis dengan mencari bahan serta bentuk yang memberikan surface area luas tetapi void ratio nya tinggi. Yang dihasilkan terus diberi nama perdagangan khusus untuk memukau pembeli. Misalnya ada bentuk seperti seng plastik yang di tekuk tekuk dengan model tertentu dan dibuat oleh perusahaan Jerman. Terus diberi nama Bioreactor made in Germany.

Beban COD yang diolah Anaerobic Filter (atau dikenal juga dengan sebutan Fixed Bed atau Fixed Film Reactor) berkisar antara (4 – 16) kg/m³- hari



V. PROSES AEROBIK

Secara sederhana, pengolahan air limbah aerobik mengacu pada penghapusan polutan organik dalam air limbah oleh **bakteri yang memerlukan oksigen untuk bekerja**. Air dan karbon dioksida merupakan produk akhir dari proses pengolahan air limbah aerobik. Proses termasuk menetes filtrasi, lumpur aktif, dan memutar kontaktor biologis.. Bakteri yang berkembang dalam lingkungan yang kaya oksigen bekerja untuk memecah dan mencerna air limbah di dalam pabrik pengolahan aerobik atau sistem.. Proses ini disebut pencernaan aerobik.

Istilah aerobik yang digunakan dalam proses penanganan secara biologis berarti proses di mana terdapat oksigen terlarut (memerlukan oksigen). Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron terakhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron terakhir adalah mikroorganisme aerobik, sedangkan sebaliknya disebut anaerobik.

Proses aerobic dapat dilakukan dengan dua mekanisme dasar, yaitu ;

1. Proses pembentukan Suspensi
2. Proses pelekatan Suspensi

Proses pembentukan suspensi merupakan interaksi antara mikroorganisme dengan limbah sehingga membentuk gumpulan menjadi massa flokulan yang mampu bergerak sesuai dengan arah aliran limbah.

Pengadukan (agitasi) campuran limbah dengan mikroorganisme membuat mikroba tetap berada dalam tersuspensi .

Proses pelekatan Suspensi, yaitu proses peningkatan mikroorganisme dapat berubah batu-batuan, pasir, lembaran plastic dan bijian plastic. Perbedaan kedua jenis proses tergantung pada jenis padatan yang terkandung dalam limbah . Proses pembentukan suspense dipergunakan pada pengolahan limbah yang ndominan mengandung senyawa tersuspensi , sedangkan proses pelekatan suspensi dipergunakan pada pengolahan limbah yang mengandung senyawa terlarut .

5.1. Lumpur aktif (activated sludge)

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi yang pertama kali dilakukan di Inggris pada awal abad 19. Sejak itu proses ini diadopsi seluruh dunia sebagai pengolah air limbah domestik sekunder secara biologi.

Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO_2 dan H_2O , NH_4 . dan sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan (Gariel Bitton, 1994).

Anna dan Malte (1997) menyatakan bahwa proses lumpur aktif dalam pengolahan air limbah tergantung pada pembentukan flok lumpur aktif yang terbentuk oleh mikroorganisme (terutama bakteri), partikel inorganik, dan polimer exoselular. Selama pengendapan flok, material yang terdispersi, seperti sel bakteri dan flok kecil, menempel pada permukaan flok. Pembentukan flok lumpur aktif dan penjernihan dengan pengendapan flok akibat agregasi bakteri dan mekanisme

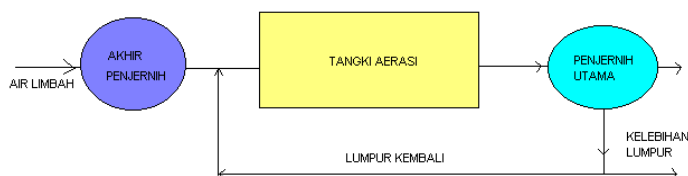
Pengolahan Limbah Cair Industri

adesi. Selanjutnya dinyatakan pula bahwa flokulasi dan sedimentasi flok tergantung pada hypobisitas internal dan eksternal dari flok dan material exopolimer dalam flok, dan tegangan permukaan larutan mempengaruhi hydropobisitas lumpur granular dari reaktor lumpur anaerobik.

Akumulasi besi dapat berasal dari influent air limbah atau melalui penambahan FeSO_4 yang digunakan untuk menghilangkan fosfor. Jumlah besi dalam lumpur aktif akan berkurang setelah memasuki kondisi anaerobik dan mungkin berasosiasi dengan adanya aktifitas bakteri heterotrofik. Berkurangnya fosfor dalam lumpur aktif dapat menyebabkan fosfor terlepas ke dalam air. Jika ini terjadi merupakan potensi untuk terjadinya eutrofikasi pada perairan.

5.1.1. Sistem Lumpur Aktif Konvensional

Proses Lumpur Aktif Konvensional dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 5.2. Sistem Lumpur Aktif Konvensional

Tangki aerasi

Oksidasi aerobik material organik dilakukan dalam tangki ini. Efluent 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 di awal bahwa sebagian dari lumpur dalam tangki penjernih didaur ulang kembali dalam bentuk LAB ke dalam tangki aerasi dan sisanya dibuang untuk menjaga rasio yang tepat antara makanan dan mikroorganisme (*F/M Ratio*).

Parameter

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.

Pengolahan Limbah Cair Industri

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). Adapun formulasinya sebagai berikut :

$$F/M = \frac{Q \times BOD_5}{MLSS \times V}$$

dimana :

Q = Laju alir limbah Juta Galon per hari (MGD)
BOD₅ = BOD₅ (mg/l)
MLSS = *Mixed liquor suspended solids* (mg/l)
V = Volume tangki aerasi (Gallon)

4. Rasio F/M dikontrol oleh laju sirkulasi lumpur aktif. Lebih tinggi laju sirkulasi lumpur aktif lebih tinggi pula rasio F/M-nya. Untuk tangki aerasi konvensional rasio F/M adalah 0,2 - 0,5 lb BOD₅/hari/lb MLSS, tetapi dapat lebih tinggi hingga 1,5 jika digunakan oksigen murni (Hammer, 1986). Rasio F/M yang rendah mencerminkan bahwa mikroorganisme dalam tangki aerasi dalam kondisi lapar, semakin rendah rasio F/M pengolah limbah semakin efisien.
5. *Hidraulic retention time* (HRT). Waktu tinggal hidraulik (HRT) adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh larutan influent masuk dalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif; nilainya berbanding terbalik dengan laju pengenceran (D) (Sterritt dan Lester, 1988).

$$HRT = 1/D = V/Q$$

dimana :

V = Volume tangki aerasi
Q = Laju influent air limbah ke dalam tangki aerasi
D = Laju pengenceran.

6. *Umur lumpur* (*Sludge age*). Umur lumpur adalah waktu tinggal rata-rata mikroorganisme dalam sistem. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam tangki aerasi dapat dalam hari lamanya. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba. Umur lumpur dihitung dengan formula sebagai berikut (Hammer, 1986; Curds dan Hawkes, 1983) :

Pengolahan Limbah Cair Industri

$$\text{Umur Lumpur (Hari)} = \frac{\text{MLSS} \times V}{\text{SS}_e \times Q_e + \text{SS}_w \times Q_w}$$

dimana :

MLSS = *Mixed liquor suspended solids* (mg/l).

V = Volume tangki aerasi (L)

SS_e = Padatan tersuspensi dalam effluent (mg/l)

SS_w = Padatan tersuspensi dalam lumpur limbah (mg/l)

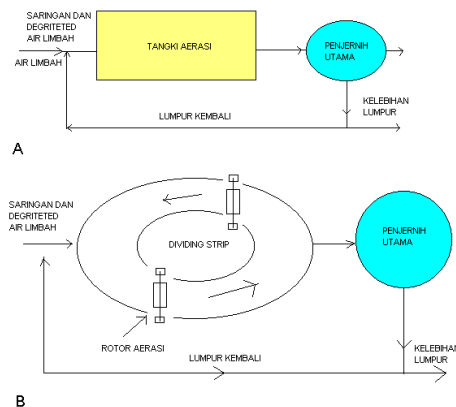
Q_e = Laju effluent limbah (m³/hari)

Q_w = Laju influent limbah (m³/hari).

7. Umur lumpur dapat bervariasi antara 5 - 15 hari dalam konvensional lumpur aktif. Pada musim dingin lebih lama dibandingkan musim panas (U.S. EPA, 1987a). Parameter penting yang mengendalikan operasi lumpur aktif adalah laju pemuatan organik, suplay oksigen, dan pengendalian dan operasi tangki pengendapan akhir. Tangki ini mempunyai dua fungsi: penjernih dan penggemukan mikroba. Untuk operasi rutin, orang harus mengukur laju pengendapan lumpur dengan menentukan indeks volume lumpur (SVI), Voster dan Johnston, 1987.

5.1.2.. Modifikasi Proses Lumpur Aktif Konvensional

Ada beberapa modifikasi dari proses lumpur aktif konvensional (Nathanson, 1986; US. EPA, 1977), Lihat Gambar 2.



Gambar-5.2. Modifikasi proses lumpur aktif.

- A. Sistem aerasi lanjutan. B. Parit oksidasi (US EPA, 1977, dalam Bitton, 1994)

Sistem Aerasi Lanjutan

Proses ini dipakai dalam instalasi paket pengolahan dengan cara sebagai berikut :

1. Waktu aerasi lebih lama (sekitar 30 jam) dibandingkan sistem konvensional. Usia lumpur juga lebih lama dan dapat diperpanjang sampai 15 hari.
2. Limbah yang masuk dalam tangki aerasi tidak diolah dulu dalam pengendapan primer.

Pengolahan Limbah Cair Industri

3. Sistem beroperasi dalam F/M ratio yang lebih rendah (umumnya $<0,1$ lb BOD/hari/lb MLSS) dari sistem konvensional (0,2 - 0,5 lb BOD/hari/lb MLSS).
4. Sistem ini membutuhkan sedikit aerasi dibandingkan dengan pengolahan konvensional dan terutama cocok untuk komunitas yang kecil yang menggunakan paket pengolahan.

Selokan Oksidasi (*Oxidation Ditch*)

Selokan oksidasi terdiri dari saluran aerasi yang berbentuk oval yang dilengkapi dengan satu atau lebih rotor rotasi untuk aerasi limbah. Saluran ini menerima limbah yang telah disaring dan mempunyai waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*) mendekati 24 jam.

Aerasi Bertingkat

Limbah hasil dari pengolahan primer (pengendapan) masuk dalam tangki aerasi melalui beberapa lubang atau saluran, sehingga meningkatkan distribusi dalam tangki aerasi dan membuat lebih efisien dalam penggunaan oksigen. Proses ini dapat meningkatkan kapasitas sistem pengolahan.

Stabilisasi Kontak

Setelah limbah dan lumpur bercampur dalam tangki reaktor kecil untuk waktu yang singkat (20-40 menit), aliran campuran tersebut dialirkan ke tangki penjernih dan lumpur dikembalikan ke tangki stabilisasi dengan waktu tinggal 4 - 8 jam. Sistem ini menghasilkan sedikit lumpur.

Sistem Aerasi Campuran

Pada sistem ini limbah hanya diaerasi dalam tangki aerasi secara merata. Sistem ini dapat menahan *shock load* dan racun.

Lumpur Aktif Kecepatan Tinggi

Sistem ini digunakan untuk mengolah limbah konsentrasi tinggi dan dioperasikan untuk beban BOD yang sangat tinggi dibandingkan proses lumpur aktif konvensional. Proses ini mempunyai waktu tinggal hidraulik sangat singkat. Sistem ini beroperasi pada konsentrasi MLSS yang tinggi.

Aerasi Oksigen Murni

Sistem aerasi dengan oksigen murni didasarkan pada prinsip bahwa laju transfer oksigen lebih tinggi pada oksigen murni dari pada oksigen atmosfer. Proses ini menghasilkan kemampuan oksigen terlarut menjadi lebih tinggi, sehingga meningkatkan efisiensi pengolahan dan mengurangi produksi lumpur.

5.1.3. Pengendapan Lumpur

Campuran air dan lumpur (*mixed liquor*) dipindahkan dari tangki aerasi ke tangki pengendapan, tempat lumpur dipisahkan dari air yang telah diolah. Sebagian lumpur aktif dikembalikan ke tangki aerasi dan sebagian lagi dibuang dan dipindahkan ke pengolahan aerobik. Sel mikrobial terjadi dalam bentuk agregat atau flok, densitasnya cukup untuk mengendap dalam tangki penjernih. Pengendapan lumpur tergantung ratio F/M dan umur lumpur. Pengendapan yang baik dapat terjadi jika lumpur mikroorganisme berada dalam fase endogeneous, yang terjadi jika karbon dan sumber energi terbatas dan jika pertumbuhan bakteri rendah. Pengendapan lumpur yang baik dapat terjadi pada rasio F/M yang rendah (contoh : tingginya konsentrasi MLSS). Sebaliknya, Rasio F/M yang tinggi mengakibatkan pengendapan lumpur yang buruk.

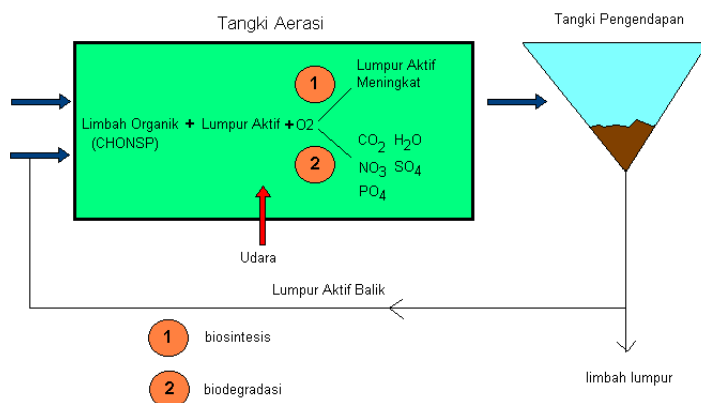
Pengolahan Limbah Cair Industri

Dalam airlimbah pemukiman, rasio F/M yang optimum antara 0,2 dan 0,5 (Gaudy dan Gaudy, 1988; Hammer, 1986). Rata-rata waktu tinggal sel yang diperlukan untuk pengendapan yang efektif adalah 3 - 4 hari (Metcalf dan Eddy, 1991). Pengendapan yang tidak baik dapat terjadi akibat gangguan yang tiba-tiba pada parameter fisik (suhu dan pH), kekurangan makanan (contoh N, suhu, mikronutrien), dan kehadiran zat racun (seperti logam berat) yang dapat menyebabkan hancurnya sebagian flok yang sudah terbentuk (Chudoba, 1989). Cara konvensional untuk monitoring pengendapan lumpur adalah dengan menentukan Indeks Volume Sludge (*Sludge Volume Index* = SVI). Caranya adalah sebagai berikut : Lumpur campuran dari tangki aerasi dimasukkan dalam silinder volume 1 liter dan dibiarkan selama 30 menit. Volume sludge dicatat. Volume lumpur yang mengendap adalah SV, MLSS adalah mixed liquor suspended solid (mg/l). Dalam pengolahan lumpur yang konvensional (MLSS < 3 500 mg/l) nilai SVI berkisar 50 - 150 ml/g.

$$SVI \text{ (ml/g)} = \frac{SV \times 1.000}{MLSS}$$

5.2. Oksidasi Bahan Organik Dalam Tangki Aerasi

Air limbah domestik mempunyai rasio C:N:P sebesar 100 : 5 : 1, yang mencukupi untuk kebutuhan sebagian besar mikroorganisme. Bahan organik dalam air limbah terdapat dalam bentuk terlarut, koloid, dan fraksi partikel. Bahan organik terlarut sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme heterotrophik dalam *mixed liquor*. Bahan organik ini cepat hilang oleh adsorpsi dan proses flokulasi, dan juga oleh absorpsi dan oksidasi oleh mikroorganisme. Aerasi dalam beberapa jam dapat membuat perubahan dari BOD terlarut menjadi biomassa mikrobial. Aerasi mempunyai dua tujuan : (1) memasok oksigen bagi mikroorganisme aerobik, dan (2) menjaga lumpur aktif agar selalu konstan teragitasi untuk melaksanakan kontak yang cukup antara flok dengan air limbah yang baru datang pada sistem pengolahan limbah. Konsentrasi oksigen yang cukup juga diperlukan untuk aktifitas mikroorganisme heterotrophik dan autotrophik, khususnya bakteri nitrit. Tingkat oksigen terlarut harus antara 0,5 - 0,7 mg/l. Proses nitrifikasi berhenti jika oksigen terlarut dibawah 0,2 mg/l (Dart dan Stretton, 1980). Curds dan Hawkes (1983) membuat ringkasan reaksi degradasi dan biosintesis yang terjadi dalam tangki aerasi dalam proses lumpur aktif (Gambar 5).



Pengolahan Limbah Cair Industri

Gambar 5. Penghilangan Bahan Organik Dalam Proses Lumpur Aktif (Curds dan Hawkes, 1983 dalam Gabriel Bitton, 1994).

VI. SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH TEKSTIL

Indonesia dalam satu dasa warsa ini dikenal sebagai penghasil tekstil yang besar disamping India dan Pakistan. Dalam proses produksi industri tekstil banyak menggunakan bahan kimia dan air. Bahan kimia yang digunakan antara lain untuk proses pencucian, pemutihan, dan pewarnaan. Akibat dari itu pencemaran lingkungan menjadi masalah bagi masyarakat yang tinggal disekitar industri tekstil. Mengingat pentingnya industri tekstil sebagai penghasil devisa negara dan perlunya perlindungan lingkungan, maka diperlukan adanya teknologi pengolah limbah tekstil yang handal.

Pabrik tekstil terdiri dari : proses produksinya meliputi pemintalan (*spinning*), pertenunan (*weaving*), pencelupan (*dyeing*) dan penyelesaian akhir (*finishing*). Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri tekstil dapat berupa padatan tersuspensi, padatan terlarut serta gas terlarut. Karakteristik limbah pada umumnya bersifat alkalis ($\text{pH} = 7$), suhunya tinggi serta berwarna pekat. Untuk menghilangkan polutan tersebut, diperlukan pengolahan yang dapat memisahkan dan menghancurkan polutan yang terkandung didalamnya.

TAHAPAN

Sistem pengolah limbah yang digunakan merupakan perpaduan antara proses fisika, kimia, dan biologi. Proses yang berperan dalam pengurangan bahan pencemar adalah proses biologi yang menggunakan sistem lumpur aktif dengan aerasi lanjutan (*extended aeration*).

Selain limbah cair terdapat pula limbah padat yang berupa lumpur, hasil samping dari sistem pengolahan yang digunakan. Lumpur hasil olahan digunakan sebagai bahan campuran pembuatan conblock dan batako press serta pupuk organik.



Gambar 6. Unit Pengolah Limbah Tekstil Kapasitas 200 m³/hari.

Pengolahan Limbah Cair Industri



Gambar 7. Bak penampung yang masih panas.



Gambar 8. Bak pengendap pertama



Gambar 9. Pemberian koagulan (ferro sulfat) untuk menghilangkan warna.

Pengolahan Limbah Cair Industri



Gambar 10. Bak pengendap (clarifier) setelah diberi koagulan ferro sulfat.



Gambar 11. Menara pendingin (Colling Tower) sebelum air masuk ke dalam bak aerasi



Gambar 12. Bak aerasi tahap pertama

Pengolahan Limbah Cair Industri



Gambar 13. Lumpur aktif dari bak pengendap akhir dikembalikan ke bak aerasi tahap pertama.



Gambar 14. Bak pengendap akhir



Gambar 15. Contoh air di bak pengendap akhir.



Pengolahan Limbah Cair Industri

Gambar 16. Air hasil olahan sebelum dibuang ke lingkungan.



CARA PEMBUATAN

Urutan proses pengolahan limbah secara garis besar dibagi dalam 5 unit proses yang meliputi proses primer, sekunder, dan tersier, yaitu :

- Unit 1 : adalah proses penghilangan warna dengan sistem koagulasi dan sedimentasi.
- Unit 2 : adalah proses penguraian bahan organik yang terkandung di dalam air limbah dengan sistem lumpur aktif.
- Unit 3 : adalah proses pemisahan air yang telah bersih dengan lumpur aktif dari kolam aerasi.
- Unit 4 : adalah proses penghilangan padatan tersuspensi setelah pengendapan.
- Unit 5 : adalah proses pemanfaatan lumpur padat setelah pengepresan di belt press.

Untuk jelasnya lihat Gambar 19. Sistem Pengolah Limbah Lumpur Aktif.

Proses Pengolahan Limbah

Proses pengolahan air limbah terbagi menjadi tiga tahap pemrosesan, yaitu :

1. Proses primer, Proses primer merupakan perlakuan pendahuluan yang meliputi : a). Penyaringan kasar, b). Penghilangan warna, c). Ekualisasi, d). Penyaringan halus, dan e). Pendinginan.
2. Proses sekunder, Proses biologi dan sedimentasi.
3. Proses tersier, merupakan tahap lanjutan setelah proses biologi dan sedimentasi.

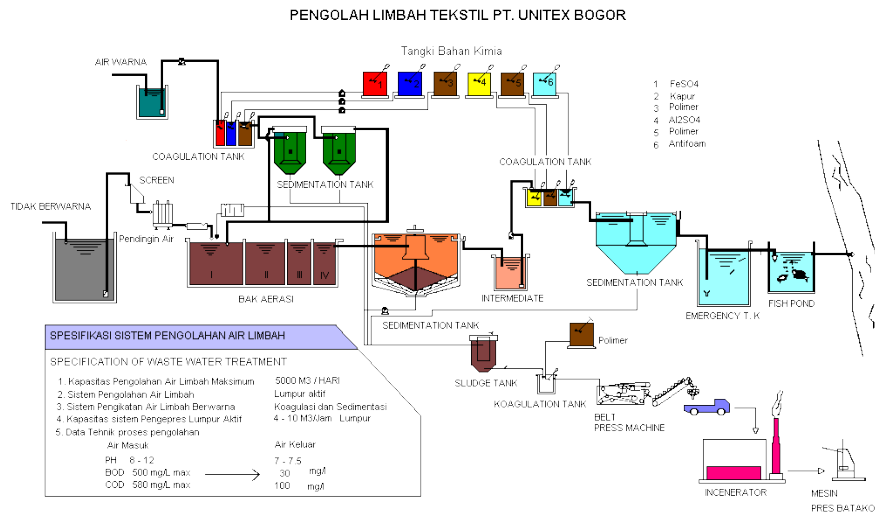
Adapun waktu yang dibutuhkan untuk tiap-tiap proses dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi, Debit Air Masuk, dan Waktu Tinggal dari masing-masing Unit Pengolah Limbah Cair

Unit Penanganan	Jumlah	Vol Tangki (m ³)	Total Vol (m ³)	Debit (m ³ /hari)	Waktu Retensi
Kolam equalisasi					
Limbah air warna	2	59 + 56	115	1200	2.3 jam
Limbah air umum	1	653	653	1800	8.7 jam
Tangki Koagulasi I	1	3.1	3.6	720	7.2 menit
Tangki Sedimentasi I	2	14.2	28.4	720	25 menit

Pengolahan Limbah Cair Industri

Kolam Aerasi	3	2(1250) + 925	3425	3000	27.4 jam
Tangki Sedimentasi II	1	407	407	3394	2.9 jam
Tangki Koagulasi II	1	6	6	3394	2.5 menit
Tangki Intermediat	1	57	57	3394	24 menit
Tangki Sedimentasi III	1	178	178	3394	1.26 jam
Kolam Ikan	1	15	15	3394	6.4 menit



Gambar 19. Sistem Pengolah Limbah Lumpur Aktif PT. UNITEX

Proses Primer

a. Penyaringan Kasar

Air limbah dari proses pencelupan dan pembilasan dibuang melalui saluran pembuangan terbuka menuju pengolahan air limbah. Saluran tersebut terbagi menjadi dua bagian, yakni saluran air berwarna dan saluran air tidak berwarna. Untuk mencegah agar sisa-sisa benang atau kain dalam air limbah terbawa pada saat proses, maka air limbah disaring dengan menggunakan saringan kasar berdiameter 50 mm dan 20 mm.

b. Penghilangan Warna

Limbah cair berwarna yang berasal dari proses pencelupan setelah melewati tahap penyaringan ditampung dalam dua bak penampungan, masing-masing berkapasitas 64 m³ dan 48 m³, air tersebut kemudian dipompakan ke dalam tangki koagulasi pertama (volume 3,1 m³) yang terdiri atas tiga buah tangki, yaitu : Pada tangki pertama ditambahkan koagulasi FeSO₄ (Fero Sulfat) konsentrasinya 600 - 700 ppm untuk pengikatan warna. Selanjutnya dimasukkan ke dalam tangki kedua dengan ditambahkan kapur (lime) konsentrasinya 150 - 300 ppm, gunanya untuk menaikkan pH yang turun setelah penambahan FeSO₄. Dari tangki kedua limbah dimasukkan ke dalam tangki ketiga pada kedua tangki tersebut ditambahkan polimer berkonsentrasi 0,5 - 0,2 ppm, sehingga akan terbentuk gumpalan-gumpalan besar (flok) dan mempercepat proses pengendapan.

Setelah gumpalan-gumpalan terbentuk, akan terjadi pemisahan antara padatan hasil pengikatan warna dengan cairan secara gravitasi dalam tangki sedimentasi. Meskipun air hasil proses penghilangan warna ini sudah jernih, tetapi

Pengolahan Limbah Cair Industri

pH-nya masih tinggi yaitu 10, sehingga tidak bisa langsung dibuang ke perairan. Untuk menghilangkan unsur-unsur yang masih terkandung didalamnya, air yang berasal dari koagulasi I diproses dengan sistem lumpur aktif. Cara tersebut merupakan perkembangan baru yang dinilai lebih efektif dibandingkan cara lama yaitu air yang berasal dari koagulasi I digabung dalam bak ekualisasi.

Tabel 3. Hasil pengamatan konsentrasi, debit, dan laju penambahan koagulan dan flokulan terhadap limbah air warna (Rapto, 1996)

Agent	Konsentrasi (kg/l)	Debit (l/jam)	Laju Penambahan (kg/jam)
Fe SO ₄	0.21	13.28	2.84
Lime	0.11	806.76	86.44
Polimer ANP-10	2. 10 ⁻⁴	561.60	0.11

Tabel 4. Efisiensi removal proses koagulasi dan flokulasi air limbah warna Tahun 1994 (Rapto, 1996)

Parameter	Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)	Efisiensi removal (%)
TSS	132.33	17.33	86.9
BOD ₅	266.12	54.92	79.4
COD	432.33	112.00	74.1
DO	0.4	0.25	37.5

c. Ekualisasi

Bak ekualisasi atau disebut juga bak air umum memiliki volume 650 m³ menampung dua sumber pembuangan yaitu limbah cair tidak berwarna dan air yang berasal dari mesin pengepres lumpur. Kedua sumber pembuangan mengeluarkan air dengan karakteristik yang berbeda. Oleh karena itu untuk memperlancar proses selanjutnya air dari kedua sumber ini diaduk dengan menggunakan blower hingga mempunyai karakteristik yang sama yaitu pH 7 dan suhunya 32°C. Sebelum kontak dengan sistem lumpur aktif, terlebih dahulu air melewati saringan halus dan cooling tower, karena untuk proses aerasi memerlukan suhu 32°C. Untuk mengalirkan air dari bak ekualisasi ke bak aerasi digunakan dua buah submerble pump atau pompa celup (Q= 60 m³/jam).

d. Saringan Halus (Bar Screen f = 0,25 in)

Air hasil ekualisasi dipompakan menuju saringan halus untuk memisahkan padatan dan larutan, sehingga air limbah yang akan diolah bebas dari padatan kasar berupa sisa-sisa serat benang yang masih terbawa.

e. Cooling Tower

Karakteristik limbah produksi tekstil umumnya mempunyai suhu antara 35-40°C, sehingga memerlukan pendinginan untuk menurunkan suhu yang bertujuan mengoptimalkan kerja bakteri dalam sistem lumpur aktif. Karena suhu yang diinginkan adalah berkisar 29-30°C.

Proses Sekunder

a. Proses Biologi

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) memiliki tiga bak aerasi dengan sistem lumpur aktif, yang pertama berbentuk oval mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bentuk persegi panjang. Karena pada bak oval tidak memerlukan blower sehingga dapat menghemat biaya listrik, selain itu perputaran air lebih sempurna dan waktu kontak bakteri dengan limbah lebih merata serta tidak terjadi pengendapan lumpur seperti layaknya terjadi pada bak persegi panjang. Kapasitas dari ketiga bak aerasi adalah 2175 m³. Pada masing-masing bak aerasi ini terdapat sparator yang mutlak diperlukan untuk memasok oksigen ke dalam air bagi kehidupan bakteri. Parameter yang diukur dalam bak aerasi dengan sistem lumpur aktif adalah DO, MLSS, dan suhu. Dari pengalaman yang telah dijalani, parameter-parameter tersebut dijaga sehingga penguraian polutan yang terdapat dalam limbah dapat diuraikan semaksimal mungkin oleh bakteri. Oksigen terlarut yang diperlukan berkisar 0,5 – 2,5 ppm, MLSS berkisar 4000 – 6000 mg/l, dan suhu berkisar 29 – 30°C.

b. Proses Sedimentasi

Bak sedimentasi II (volume 407 m³) mempunyai bentuk bundar pada bagian atasnya dan bagian bawahnya berbentuk kronis yang dilengkapi dengan pengaduk (agitator) dengan putaran 2 rph. Desain ini dimaksudkan untuk mempermudah pengeluaran endapan dari dasar bak. Pada bak sedimentasi ini akan terjadi settling lumpur yang berasal dari bak aerasi dan endapan lumpur ini harus segera dikembalikan lagi ke bak aerasi (return sludge=RS), karena kondisi pada bak sedimentasi hampir mendekati anaerob. Besarnya RS ditentukan berdasarkan perbandingan nilai MLSS dan debit RS itu sendiri. Pada bak sedimentasi ini juga dilakukan pemantauan kaiment (ketinggian lumpur dari permukaan air) dan MLSS dengan menggunakan alat MLSS meter.

4.4. Proses Tersier

Pada proses pengolahan ini ditambah bahan kimia, yaitu Alumunium Sulfat (Al₂(SO₄)₃), Polimer dan Antifoam (Silicon Base); untuk mengurangi padatan tersuspensi yang masih terdapat dalam air. Tahap lanjutan ini diperlukan untuk memperoleh kualitas air yang lebih baik sebelum air tersebut dibuang ke perairan.

Air hasil proses biologi dan sedimentasi selanjutnya ditampung dalam bak interdiet (Volume 2m³) yang dilengkapi dengan alat yang disebut inverter untuk mengukur level air, kemudian dipompakan ke dalam tangki koagulasi (volume 3,6 m³) dengan menggunakan pompa sentrifugal. Pada tangki koagulasi ditambahkan alumunium sulfat (konsentrasi antara 150 – 300 ppm) dan polimer (konsentrasi antara 0,5 – 2 ppm), sehingga terbentuk flok yang mudah mengendap. Selain kedua bahan koagulan tersebut juga ditambahkan tanah yang berasal pengolahan air baku (water treatment) yang bertujuan menambah partikel padatan tersuspensi untuk memudahkan terbentuknya flok.

Pengolahan Limbah Cair Industri

Pada tangki koagulasi ini terdapat mixer (pengaduk) untuk mempercepat proses persenyawaan kimia antara air dan bahan koagulan, juga terdapat pH kontrol yang berfungsi untuk memantau pH effluent sebelum dikeluarkan ke perairan. Setelah penambahan koagulan dan proses flokulasi berjalan dengan sempurna, maka gumpalan-gumpalan yang berupa lumpur akan diendapkan pada tangki sedimentasi III (volume = 178 m³). Hasil endapan kemudian dipompakan ke tangki penampungan lumpur yang selanjutnya akan diolah dengan belt press filter machine.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim., 2001. Water Environment Management in Japan. Water Environment Department Environmental Management Bureau, Ministry of the Environment.

Grady, Jr., C.P.L. and Lim, H.C., 1980. Biological Wastewater Treatment, theory and application. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel.

Metcalf and Eddy., 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, 3rd Eddition. Singapore: McGraw-Hill Book Co.

Tchobanoglous, G., Burton, F.L.,1991. Advanced Wastewater Treatment. Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse. McGraw-Hill. Inc, Singapore, pp. 711-726

Winkler, M.A.,1981. Biological Treatment of Wastewater. Department of Chemical Engineering University of Survey. England : Chichester Halsted Press, John Willey & Sons.

Sumber: Anwar Hadi (2007) Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan