

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Gula

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses produksi gula ini adalah tebu. Tebu yang mengandung klorofil akan membentuk glukosa dan fruktosa yang akan diubah menjadi sakarosa dan disimpan dalam batang tebu. Gula dan glukosa merupakan kimia organik, golongan karbohidrat dengan rumus :

$C_{12}H_{22}O_{11}$ (sukrosa) \rightarrow $C_6H_{12}O_6$ (glukosa) + $C_6H_{12}O_6$ (fruktosa). Sukrosa mempunyai rasa yang sangat manis dan banyak terdapat dalam tubuh hewan, tumbuhan dan manusia.

Di PT. PG. Rajawali 1 unit PG. krebbe baru, bahan baku yang dipakai adalah tebu demikian juga dengan pabrik-pabrik lainnya yang memproduksi gula. Hal ini disebabkan tebu banyak terdapat di Indonesia karena iklim dan keadaan tanahnya lebih cocok untuk pertumbuhan tebu. Produksi gula membutuhkan bahan pembantu. Bahan pembantu adalah bahan-bahan yang digunakan membantu proses produksi untuk mendapatkan kemurnian nira sesuai yang diinginkan. Bahan pembantu ini ditambahkan dalam nira berupa kapur (susu kapur), fosfat, dan SO_2 . Untuk memperbaiki hasil nira jernih adalah sebagai berikut :

1. Fosfat (P_2O_5)

Kadar fosfat pada nira, dinyatakan dalam derajat fosfatasi (mg P_2O_5 /liter nira) dan harus standar tergantung pada kondisi dan macam operasi. Berfungsi untuk membentuk endapan dengan kapur dan menyerap koloid serta bertindak sebagai inti endapan. Kadar fosfat dalam nira saat proses pemurnian dijaga pada 300.

2. $Ca(OH)_2$ + SO_2 atau susu kapur

Antara lain berfungsi untuk :

- a. Menaikkan pH nira pada juice heater menjadi 7,2
- b. Mencegah adanya inverse.
- c. Membentuk flok dan mengendapkan kotoran dalam nira

3. Flokulan

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

4. Soda ash atau abu soda

Abu soda sendiri berfungsi sebagai pelunak kerak atau kerak sulfur pada evaporator.

2.2 Karakteristik Limbah

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

1. Karakteristik Fisika

Parameter yang termasuk dalam karakteristik fisika limbah cair adalah:

a. Kekeruhan

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

b. Warna dan Bau

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

c. Total Solid

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

2. Karakteristik Kimia

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

a. BOD

BOD merupakan ukuran jumlah zat organik yang dapat dioksidasi oleh bakteri aerob/ jumlah oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi sejumlah tertentu zat organik dalam keadaan aerob. Menurut Mahida dalam Lutfi (2006), BOD akan semakin tinggi jika derajat pengotoran limbah semakin besar. BOD merupakan indikator pencemaran penting untuk menentukan kekuatan atau daya cemar air limbah, sampah industri, atau air yang telah tercemar. BOD biasanya dihitung dalam 5 hari pada suhu 20°C.

b. COD

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air dapat dilakukan suatu uji yang lebih cepat dari uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan oksidan. Uji ini disebut dengan uji COD, yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan misalnya untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air. (Lutfi,2006)

c. Minyak dan Lemak

Lemak dan minyak merupakan ester dari alkohol dan gliseri dengan asam lemak tinggi, sebagian besar larut dalam minyak dan hanya sedikit larut dalam air. Lemak dan minyak terdiri dari unsur - unsur karbon, hidrogen dan oksigen dalam perbandingan yang tertentu dan bervariasi. Lemak dan minyak di dalam limbah cair akan menyebabkan masalah utama di dalam pipa pembuangan dan dalam pengolahan limbah cair, sebab lipida sukar didegrasi. Jika lipida yang ada tersebut tidak dipisahkan, maka lipida akan bercampur bahan-bahan kebutuhan makhluk yang ada dipermukaan air sehingga membentuk busa dan lapisan film sehingga oksigen dan sinar matahari tidak dapat menembus lapisan minyak yang menyebabkan makhluk air akan mati.

3. Karakteristik Biologi

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

2.3 Dampak Air Limbah

Sesuai dengan batasan dari air limbah yang merupakan benda sisa maka sudah tentu bahwa air limbah merupakan benda yang tidak dipergunakan lagi. Akan tetapi, tidak berarti bahwa air limbah tersebut tidak perlu dilakukan pengelolaan, karena apabila limbah ini tidak dikelola secara baik dan benar akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada. Dari hasil penelusuran lapangan dan wawancara dengan masyarakat desa Jombang, diketahui bahwa buangan air limbah PG. Krebbe Baru 1 banyak dimanfaatkan masyarakat untuk irigasi persawahan. Pembuangan ini dapat berdampak buruk jika tidak adanya pengelolaan dan dampak negatif yang dapat ditimbulkan antara lain :

1. Pengaruh air limbah terhadap kesehatan

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

2. Pengaruh air limbah terhadap lingkungan

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

Bila industri membuang air limbah ke badan air dengan kualitas yang diatas baku mutu yang diizinkan, maka kadar oksigen akan menurun karena digunakan oleh bakterri pengurai. Namun bila tidak ada sumber pencemar baru yang masuk ke badan air pemampung maka makin lama akan mengalami self purification didalam perjalanannya karena faktor – faktor pencemaran, suhu, kecepatan aliran, kemampuan absorpsi, kemampuan fotosintesis dan lain – lain.

Sugiharto (1987) menyatakan bahwa efek buruk dari limbah dapat menyebabkan terjadinya berbagai macam gangguan.

a. Gangguan terhadap kesehatan

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

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

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

c. Gangguan terhadap keindahan

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

d. Gangguan terhadap kerusakan benda

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

2.4 Limbah Industri Gula

Limbah adalah makhluk hidup, materi, energi atau zat yang berada di tempat dan waktu yang tidak sesuai peruntukannya. Yang dimaksud pencemaran lingkungan adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen air yang masuk atau dimasukkan kedalam lingkungan dan menyebabkan berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses dalam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu sehingga kondisi lingkungan turun atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (UU Lingkungan hidup no.42 pasal 1 ayat 7 tahun 2002).

Dalam masalah limbah dan pencemarannya diperlukan sikap yang obyektif, sesuatu dianggap limbah jika berada pada suatu keadaan, tempat, dan waktu tertentu. Mungkin juga dapat menjadi sesuatu yang bermakna dan berfungsi lebih baik jika berada dalam keadaan lain, tempat, dan waktu yang berbeda.

Ada beberapa macam limbah yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas, dan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Limbah yang tidak sesuai peruntukannya, diperlukan adanya pengolahan. Prinsip pengolahan limbah adalah mengubah Zat-zat beracun dalam limbah menjadi zat-zat yang lebih aman untuk dibuang ke lingkungan, menyelesaikan masalah dan tidak menambah masalah. Sedangkan tujuan dari pengolahan limbah adalah membuat limbah sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lingkungan.

2.4.1 Limbah cair industri gula

Limbah cair yang dihasilkan PG. Kreet Baru 1 diantaranya adalah:

1. Limbah cair polutan

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

2. Limbah cair non polutan

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

2.4.2 Limbah Padat Industri Gula

Limbah padat yang dihasilkan PG. Kreet Baru 1 merupakan suatu proses hasil samping yang terdapat 2 macam yaitu :

1. Blotong

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

2. Abu

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

3. Ampas

Ampas merupakan limbah padat dari hasil gilingan tebu yang ciri fisiknya tidak memiliki kadar air sama sekali atau cenderung sangat kecil.

2.4.3 Limbah Gas / Udara Industri Gula

Limbah Gas PG. Kreet Baru 1 berasal dari gas sisa pembakaran yang berupa debu. Berasal dari pembakaran di stasiun ketel. Cara penanggulangannya yaitu dengan cara dilewatkan alat pengendali limbah udara (pengendalian cyclone dan ESP) dengan sasaran

agar abu yang tertangkap sebanyak mungkin dan abu yang ikut bersama gas ke udara sedikit mungkin dan gas dari cerobong gas buang diesel generator.

2.4.4 Limbah B3 Industri Gula

Menurut PP No. 101 Tahun 2014 Tentang : Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun; limbah bahan berbahaya dan beracun atau disingkat (B3) merupakan sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan atau merusakkan lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Di PG. Kreet Baru 1 terdapat beberapa jenis limbah B3 yang diantaranya :

1. Oli bekas
2. Accu bekas
3. Lampu TL bekas
4. Cartidge bekas
5. Majun bekas
6. Kerak Sulfur

2.5 Baku Mutu Limbah Cair Industri Gula

Hasil yang telah dicapai selama ini dalam upaya menangani masalah lingkungan tidak mengecewakan, hal ini terlihat antara lain dengan meningkatnya kesadaran masyarakat industri. Akan pentingnya mengintegrasikan aspek lingkungan dalam setiap kegiatan yang dilakukan.

Baku mutu Limbah cair dalam tabel 2.1 memperhatikan hasil teknologi pengolahan terbaik yang sekarang tersedia dan dapat dilaksanakan secara murah di Indonesia. Baku mutu ini akan diterapkan pada semua pengoprasian yang baru dan pengembangannya serta semua pengoperasian pada tahun 1995.

Pabrik modern dengan sistem penggunaan air yang effisien (air pendingin berdaur ulang, air pendingin yang lewat bersih dapat langsung dibuang atau air pendingin yang didaur ulang) dan sistem – sistem pengolahan limbah yang dapat menurunkan laju air limbah dibawah 5,0 m³/ton produk gula.

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

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

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA,

BALTHASAR KAMBUAYA

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Gula

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

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

Oleh karena itu sudah saatnya Indonesia juga menjadikan strategi produksi bersih sebagai salah satu strategi dalam melaksanakan kebijakan nasional pengolahan lingkungan hidup di Indonesia.

Umumnya aplikasi pengolahan lingkungan hidup saat ini masih difokuskan pada pendekatan pengolahan limbah ujung pipa. Pendekatan ini memerlukan investasi yang relatif tinggi biaya operasional dan pemeliharaan. Meskipun terdapat keuntungan aktifitas memperkecil limbah, ada sejumlah rintangan terhadap pelaksanaannya.

Rintangan lain terhadap perubahan meliputi fakta bahwa pencegahan polusi limbah berbahaya efektif disebuah pabrik memerlukan riset dan pengembangan, rancangan proses, pengolahan produksi dan berbagai fungsi perusahaan lain guna melaksanakan perubahan pada proses produksi.

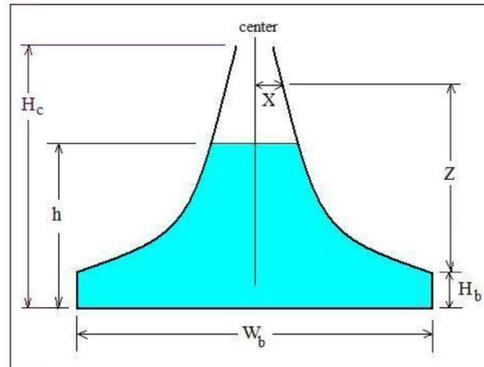
2.6 Prinsip pengolahan limbah industri

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

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

1. Pengolahan secara fisik (Primary treatment)
2. Pengolahan secara biologis (secondary treatment)
3. Pengolahan tersier (tertiary treatment)
4. Pengolahan lumpur (sludge treatment)

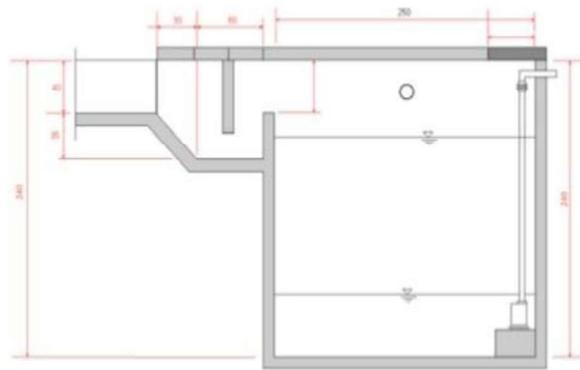
2.6.1 Primary treatment (pengolahan secara fisik)



Gambar 2.1 proposional weir

1. Bak Equalisasi

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



Gambar 2.2 potongan memanjang bak equalisasi

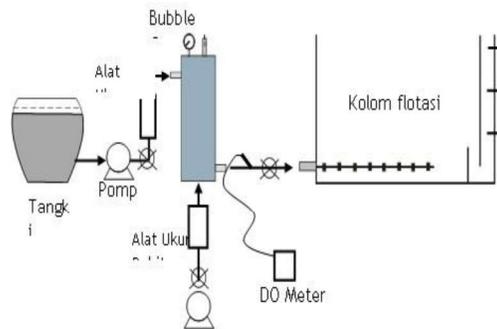
2. Flotasi

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

- a. Bisa berlangsung secara fisik, yaitu tanpa penggunaan bahan untuk membantu percepatan flotasi, hal ini bisa terjadi karena partikel-partikel suspensi yang terdapat

dalam air limbah akan mengalami tekanan ke atas sehingga mengapung dipermukaan karena berat jenisnya lebih rendah dibanding berat jenis air limbah.

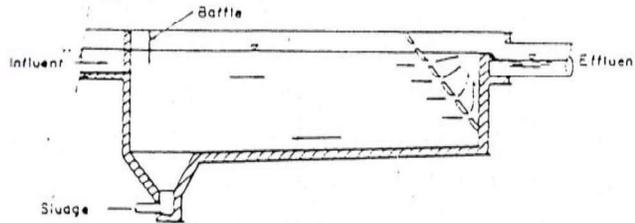
- b. Bisa dilakukan dengan penambahan bahan yaitu: udara atau bahan polimer yang diinjeksikan kedalam cairan pembawanya, yang dapat mempercepat laju partikel ringan menuju permukaan. Untuk keperluan flotasi, udara yang diinjeksikan jumlahnya relatif sedikit ($\pm 0,2 \text{ m}^3$ udara) untuk setiap m^3 air limbah. Semakin kecil ukuran gelembung udara maka proses flotasi akan semakin sempurna.



Gambar 2.3 tangki flotasi

3. Bak pengendapan I

Efisiensi removal dari bak pengendap pertama ini tergantung dari kedalaman bak dan dipengaruhi oleh luas permukaan serta waktu detensi. Berfungsi untuk memisahkan padatan tersuspensi dan terlarut dari cairan dengan menggunakan sistem gravitasi dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapan. Skimmer yang ada pada bak pengendap I digunakan untuk tempat pelimpahan lemak dan minyak yang mengambang.



Gambar 2.4 bak pengendap rectangular

2.6.2 Pengolahan sekunder (secondary treatment)

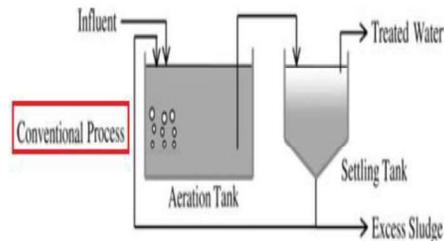
Pengolahan sekunder akan memisahkan koloid dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dilakukan dengan cara aerobik maupun anaerobik dengan efisiensi reduksi BOD antars 75% - 90% serta 90% SS. Macam-macam pengolahan sekunder adalah:

1. Pengolahan limbah aktif (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 CO₂ dan H₂O. Sedangkan 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 tangki aerasi, secondary clarifier dan recycle sludge. Selama berlangsung proses terjadi absorpsi, flokulasi, dan oksidasi bahan organik.



Gambar 2.5 activated sludge sistem konvensional

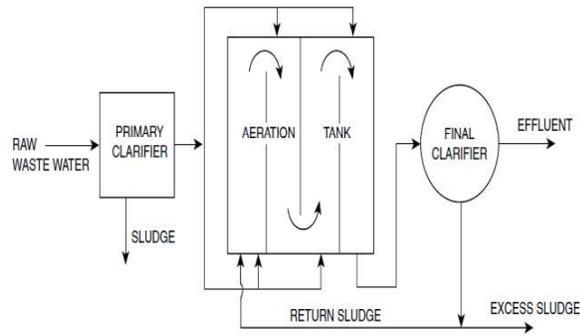
% removal: 80-85% COD, 80-85% TSS, 80-90% N

(sumber: metcalf and eddy, 2004, WWETDR, 4th edition)

b. Non Konvensional

i. Step Aerasi

- Merupakan pluk flow dengan perbandingan F/M substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet
- Inlet air buangan masuk melalui 3 sampai 4 titik di tangki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen dititik paling awal.
- Keuntungannya mempunyai detensi waktu yang pendek.



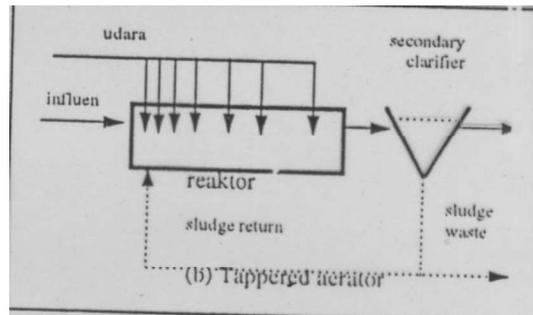
Gambar 2.6 Step Aerasi

% removal : 85 - 95% BOD

(sumber : bowo joko,2008,pengolahan air buangan secara biologis)

ii. Tapered Aerasi

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



Gambar 2.7 Tapered Aeration

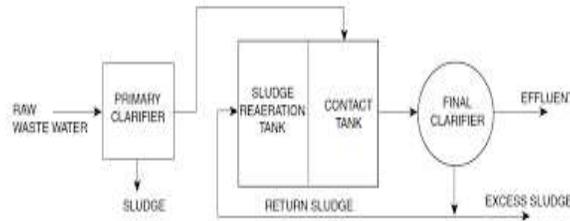
% removal : 80 – 95% BOD

(sumber : syed qasim,1985,WWTP planning design operation)

iii. Contact Stabilization

Pada sistem ini ada 2 tangki yaitu :

- a. Contact Tank yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
- b. Reareation Tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengadsorb (proses stabilisasi).



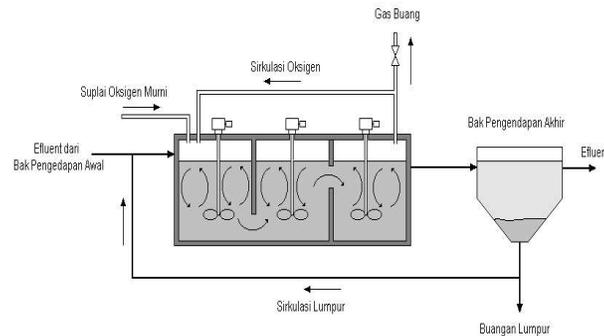
Gambar 2.8 Contact Stabilisasi

%removal: 80 – 95% BOD

(sumber : syed qasim,1985,WWTP planning design operation)

iv. Pure Oksigen

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



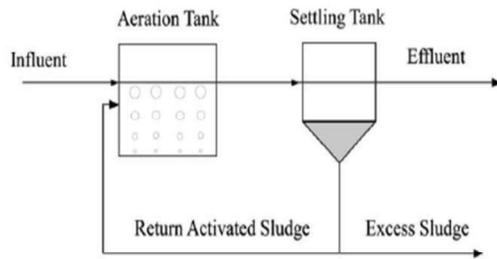
Gambar 2.9 Pure Oksigen

% removal : 80 - 95% BOD

(sumber : syed qasim,1985,WWTP planning design operation)

2. High Rate Aeration

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



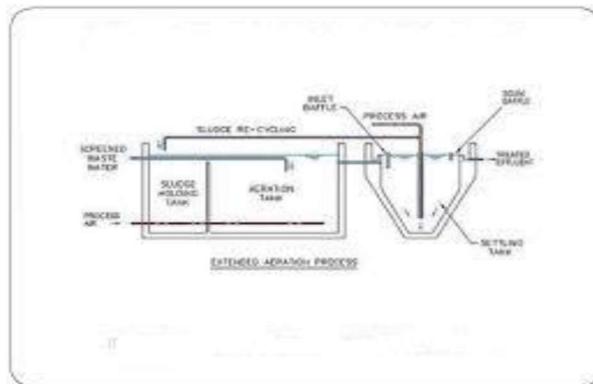
Gambar 2.10 High Rate Aeration

% removal : 75 – 90% BOD

(sumber : syed qasim,1985,WWTP planning design operation)

3. Extended Aeration

Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur yang waktu tinggal (td) lebih lama sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.



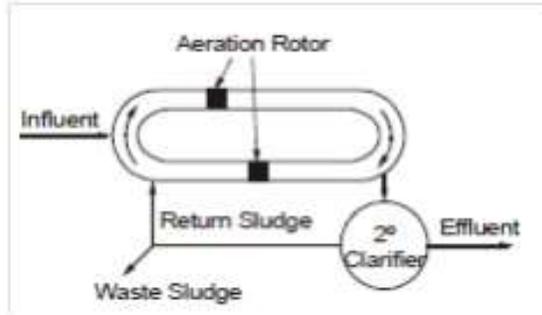
Gambar 2.11 Extended Aeration

% removal : 75 – 90% BOD

(sumber : syed qasim,1985,WWTP planning design operation)

4. Oksidation Dicht

Bentuk oksidasi dicht adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 – 0,35 m/s



Gambar 2.12 Oksidation Ditch

% removal : 80 – 95% BOD

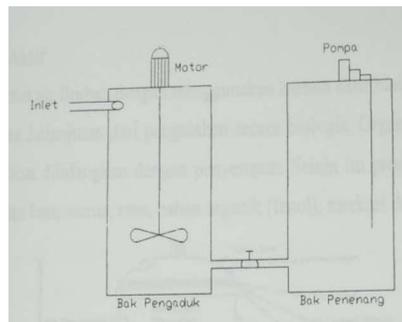
(sumber : syed qasim,1985,WWTP planning design operation)

2.6.3 Pengolahan Tersier (Tertiary Treatment)

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila 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 fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya. Unit pengolahan ini terdiri dari :

1. Chlorinasi

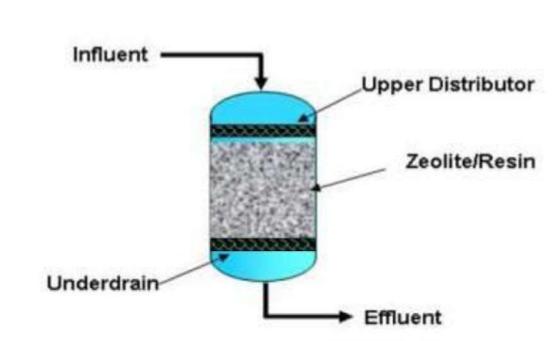
Chlorinasi merupakan salah satu desifektan kimia yang umumnya dipakai dalam pengolahan air bersih maupun air buangan. Fungsi chlorine yang utama adalah sebagai desifektan, tetapi fungsi lain bisa untuk penghilang bau.



Gambar 2.13 Chlorinasi

2. Ion Exchange

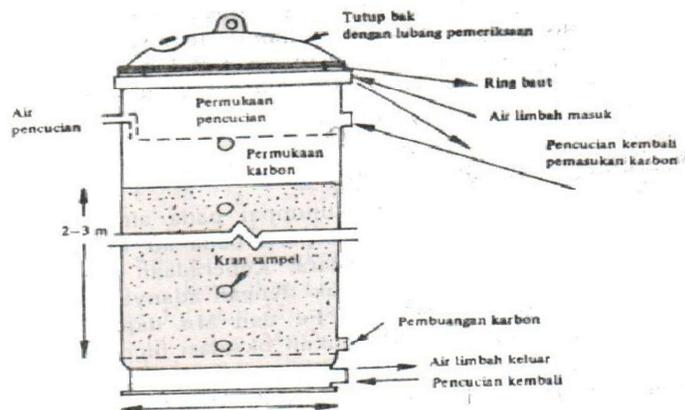
Untuk limbah cair yang bahan pencemarnya larut dan membentuk ion (bahan anorganik), pengolahannya tidak dapat dilakukan dengan cara adsorpsi, karena ion – ion cenderung menjadi permukaan yang berbatasan dengan absorber, sehingga cara pengolahannya yang dipilih untuk jenis tersebut adalah pertukaran ion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



Gambar 2.14 Ion Exchange

3. Karbon Aktif

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



Gambar 2.15 Karbon Aktif

4. Pengolahan Lumpur (Sludge Treatment Primary Treatment)

Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

- a. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel untuk menimbulkan bau.
- b. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- c. Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0,25% - 12% solid).

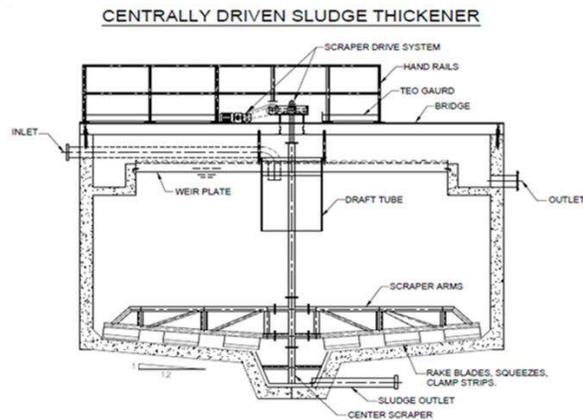
Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah mereduksi kadar lumpur dan memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan.

Unit pengolahan lumpur meliputi:

1) 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 ketebalannya menjadi berkurang atau dapat dikatakan sebagai *pemekatan lumpur*. Tipe thickener yang digunakan adalah gravity thickener terhadap

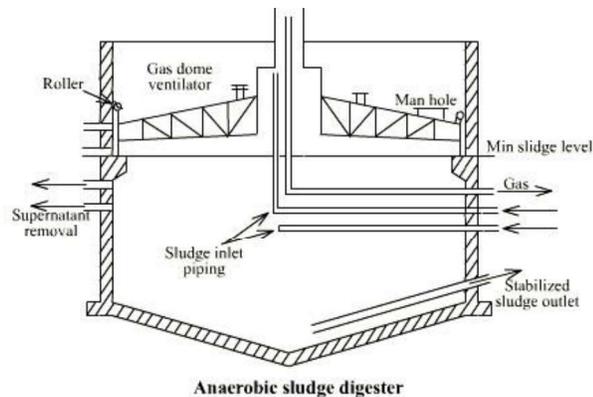
lumpur yang berasal dari bak pengendap I dan pengendap II. Pada sistem gravity thickener ini, diendapkan di dasar bak sludge thickener.



Gambar 2.16 sludge thickener

2) Sludge Digester

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



Gambar 2.17 Sludge Digester

3) 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 sepuluh hari dengan bantuan sinar matahari.

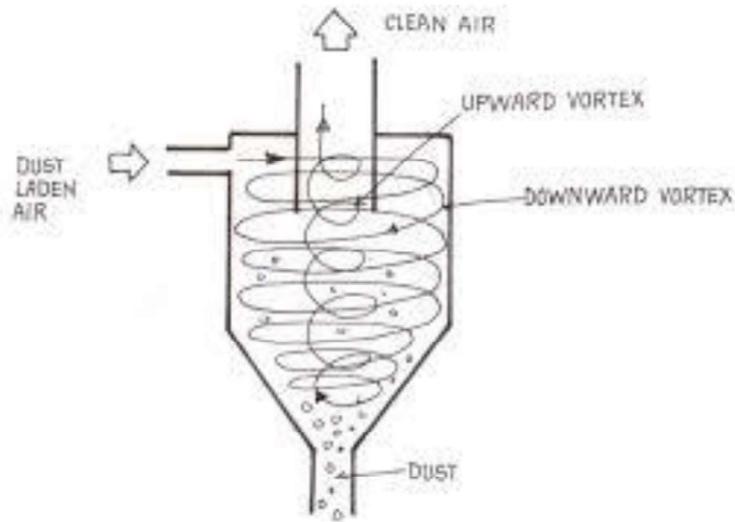
2.7 Teknologi Pengendalian Pencemaran Udara

Cyclonic separation adalah metode pemisahan partikulat dari aliran udara, gas atau cair tanpa menggunakan filter melalui pusaran pemisahan. Rotasi efek dan gravitasi digunakan untuk campuran terpisah dari padatan dan cairan. Metode ini juga dapat digunakan untuk memisahkan tetesan halus cairan dari aliran gas.

Putaran udara yang berkecepatan tinggi dihasilkan dalam suatu wadah silinder atau kerucut yang disebut cyclone. Udara mengalir dalam pola heliks, dimulai pada ujung atas (ujung yang lebar) dari cyclone dan berakhir dibagian bawah cyclone sebelum keluar dalam aliran lurus dalam pusat cyclone dan keluar atas. Lebih besar dan lebih padat partikel dalam pusaran udara akan menyebabkan lebih muda partikel jatuh kebagian bawah cyclone dimana mereka akan dibuang. Dalam sistem kerucut, sebagian aliran bergerak berputar menejelang ujung sempit dari cyclone sehingga memisahkan partikel yang lebih kecil. Geometri cyclone, bersama-sama dengan laju aliran, mendefinisikan titik potong dari topan. Ini adalah ukuran partikel yang akan dihapus dari aliran dengan efisiensi 50%. Partikel yang lebih besar dari titik potong akan dihapus dengan efisiensi yang lebih besar.

Desain cyclone alternatif menggunakan aliran udara sekunder dalam cyclone untuk menjaga partikel yang dikumpulkan dari tumbukan terhadap dinding, untuk mencegah dari abrasi. Aliran udara utama yang mengandung partikulat masuk dari bagian bawah cyclone dan dipaksa oleh baling-baling spiral rotasi pemintal stasioner. Aliran udara sekunder masuk dari puncak cyclone dan bergerak turun ke arah bawah, menghalangi partikulat dari udara primer. Aliran udara sekunder juga memungkinkan kolektor untuk opsional dipasang horizontal, karena mendorong partikel menuju area pengumpul, dan tidak hanya mengandalkan gravitasi untuk melakukan fungsi ini.

Cyclone skala besar digunakan dalam penggergajian untuk menghilangkan serbuk kayu dari udara diekstrasi. Cyclone juga digunakan dalam kilang minyak untuk memisahkan minyak dan gas, dan di industri semen sebagai komponen dari kiln preheaters. Cyclone juga semakin sering digunakan dalam rumah tangga sebagai penyedot vacuum (Vacuum Cleaner). Cyclone juga digunakan di dapur untuk memisahkan minyak. Cyclone kecil yang digunakan untuk memisahkan partikel - partikel udara untuk penelitian.



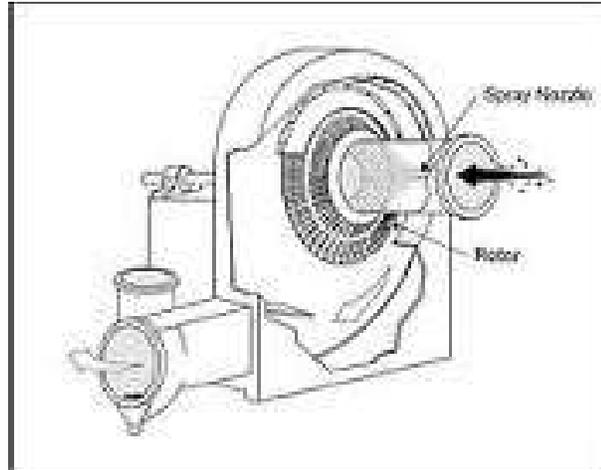
Gambar 2.18 Cyclonic Separation

1. Mechanically aided Scrubber

Scrubber mekanis dibantu adalah bentuk teknologi untuk pengendalian polusi. Jenis teknologi adalah bagian dari kelompok kontrol polusi kolektif yang juga disebut sebagai scrubber basah.

Selain menggunakan semprotan air atau aliran gas buangan, sistem ini juga dapat menggunakan motor untuk pasokan energi. Motor drive rotor atau dayung yang pada saatnya akan menghasilkan tetesan air untuk mengikat gas dan partikel.

Sistem yang dirancang dengan cara ini memiliki keuntungan yaitu membutuhkan ruang yang lebih kecil daripada scrubber lain, tetapi persyaratan keseluruhan daya yang dibutuhkan cenderung lebih tinggi dari pada scrubber lain dengan efisiensi setara. Oleh karena itu, tidak semua daya yang digunakan yang dikeluarkan untuk kontak antara air dan gas.



Gambar 2.19 Mechanically Aided Scrubber

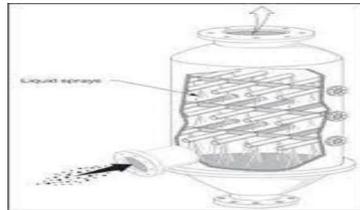
2. Spray Tower

Spray Tower adalah menara semprot atau ruang semprot yang berfungsi sebagai pengendalian polusi. Terdiri dari lubang – lubang silinder yang terbuat dari baja atau plastik dan nosel yang menyembrotkan cairan ke dalamnya. Aliran gas inlet biasanya memasuki bagian bawah menara dan bergerak keatas. Sementara air disemprotkan ke bawah dari satu atau dua tingkat yang lebih tinggi. Aliran gas masuk dan air akan berlawanan arah sehingga air akan mengikat partikel teknologi ini adalah salah satu cara kontrol pengendalian polusi udara koletif yang disebut sebagai scrubber basah.

Arus balik aliran akan mengekspos gas dengan konsentrasi polutan terendah untuk menumbuk air yang disemprotkan. Banyak nozel ditempatkan di menara pada ketinggian yang berbeda berfungsi untuk menyembrotkan air ke gas ketika gas bergerak melalui menara. Alasan untuk menggunakan banyak nozel adalah untuk memaksimalkan jumlah tetesan halus berdampak pada partikel polutan dan menyediakan luas permukaan yang besar untuk penyerapan gas.

Secara teoritis semakin kecil tetesan terbentuk, semakin tinggi efisiensi pengumpulan yang dapat dicapai untuk kedua gas dan partikulan polutan. Namun, tetesan air yang dihasilkan tidak boleh terlalu besar untuk meningkatkan efisiensi. Oleh karena itu, menara semprot menggunakan nozel untuk memproduksi tetesan yang biasanya memiliki diameter 500 – 100 μm . Meski ukurannya kecil, tetesan ini lebih besar dibanding dengan yang dibuat dalam venturi scrubber yang memiliki diameter antara 10 sampai 50 μm . Kecepatan gas tetap rendah 0,3 – 1,2 m/s (1 – 4 ft/s) untuk mencegah kelebihan tetesan dari yang dibawa keluar dari menara.

Untuk mempertahankan kecepatan gas tetap rendah menara semprot harus lebih besar dari scrubber lain yang menangani tingkat aliran gas aliran yang sama. Masalah lain yang terjadi di menara semprot adalah jarak jatuhnya tetesan terlalu dekat. Tetesan cenderung menggumpal dan menabrak dinding menara. Akibatnya luas permukaan total untuk kontak cairan berkurang sehingga mengurangi efisiensi pengumpulan dari scrubber.



Gambar 2.20 Spray Tower

3. Cyclonic Spray Scrubber

Cyclonic Spray Scrubber adalah salah satu cara untuk pengendalian polusi udara. Teknologi ini menggunakan fitur dari kedua cyclone kering dan ruang semprot untuk menghilangkan polutan dari aliran gas.

Umumnya, gas inlet memasuki ruangan tangensial, berputar melalui ruang dalam gerakan berbentuk spiral dan keluar. Pada saat yang sama, cairan disemprotkan didalam ruangan. Pusaran gas dan polutan yang ada didalamnya akan dihapus ketika mereka bertumbukan dengan tetesan air, yang disemprotkan ke dinding, dan dicuci kembali kemudian keluar.

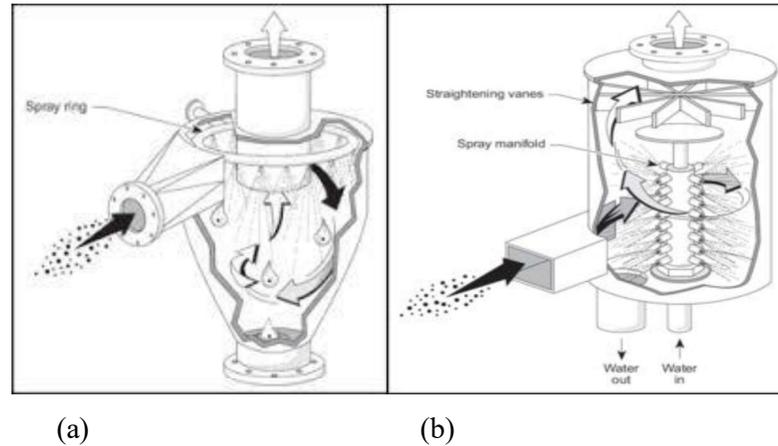
Cyclonic Scrubber umumnya terdiri dari perangkat energi rendah sampai menengah dengan penurunan tekanan air dari 4 – 25 cm (1,5 – 10). Desain tersedia secara komersial termasuk cyclone scrubber irigasi dan cyclone semprot.

Dalam cyclone irigasi (gambar a) gas inlet masuk didekat bagian atas dari scrubber kedalam semprotan air. Gas dipaksa untuk berputar ke bawah, kemudian berubah arah dan kembali ke atas dalam bentuk spiral yang lebih kecil. Tetesan cair yang dihasilkan akan menaikkan polutan yang pada akhirnya akan dibawa keluar dari kolektor. Gas kemudian dibersihkan melalui bagian atas ruangan.

Semprotan scrubber cyclone (gambar b) kekuatan gas inlet sampai melalui ruang dari entri tangensial bawah. Air terlebih dahulu disemprotkan dari nozel dan diarahkan ke dinding scrubber cyclone dan melalu putaran gas. Seperti dalam cyclone irigasi, air akan

menangkap polutan, menabrak dinding dan akan keluar. Gas yang bersih akan menuju ke atas, keluar melalui baling baling dibagian atas dan keluar.

Jenis teknologi adalah bagian dari kelompok polusi udara kontrol kolektif disebut sebagai scrubber.



Gambar 2.21 Cyclonic spray Scrubber

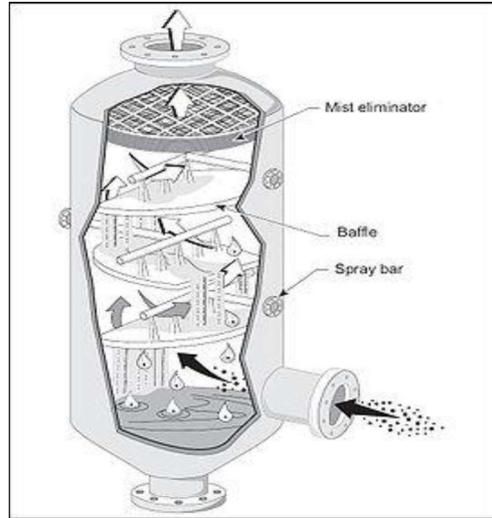
4. Baffle spray scrubber

Baffle spray scrubber adalah teknologi untuk mengendalikan polusi udara. Teknologi ini mirip dengan menara semprot dalam desain dan operasi. Namun, disamping menggunakan energi yang disediakan oleh nozel semprot, baffle ditambahkan untuk memungkinkan aliran gas untuk menyemprotkan suatu cairan cair beberapa saat lewat di atas mereka.

Sebuah sistem sederhana scrubber ditunjukkan pada gambar 2.24. semprotan cairan akan menangkap polutan dan juga menghilangkan partikel yang dikumpulkan dari baffle. Dengan menambahkan sedikit baffle akan meningkatkan penurunan tekanan sistem.

Jenis teeknologi adalah salah satu cara untuk mengontrol polusi udara control yang disebut sebagai scrubber basah. Beberapa desai scrubber basah menggunakan energi dari kedua aliran gas dan aliran cair untuk mengumpulkan polutan. Banyak dari perangkat kombinasi telah tersedia secara komersial.

Sejumlah desain scrubber telah dikembangkan dengan sistem dan menggabungkan geometri baling-baling, nozel, dan baffle.



Gambar 2.22 baffle spray scrubber

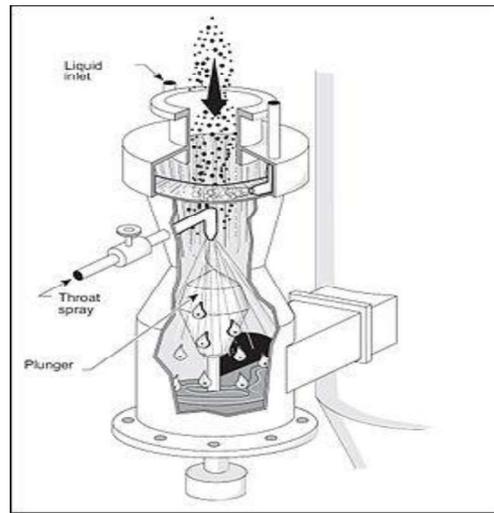
5. Ejector venturi scrubber

Ejector ventury scrubber adalah sebuah perangkat pengendalian pencemaran industri biasanya dipasang pada buangan gas tungku cerobong asap besar, tetapi jika dapat digunakan pada sejumlah sistem pembuangan udara lainnya. Untuk tujuan ini sebuah venturi scrubber ejector (seerta menara semprot) menggunakan beberapa lubang semprotan, perbedaannya adalah bahwa hanya satu nozel yang digunakan sebagai pengganti banyak nozel. Nozel ini beroperasi pada tekanan tinggi dan tingkat injeksi lebih tinggi dari pada yang ada disebagian ruang semprot. Tekanan tingi hasil semprot (mencapai 689 kPa atau 100 psig) adalah ditujukan pada bagian leher dari sebuah penyempitan ventruy.

Ventury ejection memiliki keunikan diantara sistem pembersihan yang tersedia karena dapat memindahkan proses gas tanpa bantuan blower atau kipas. Semprotan air yang dari nozel menciptakan vakum parsial disaluran sisi scrubber. Hal ini memiliki efek yang sama seperti aspirator air yang digunakan dalam laboratorium kimia sekolah tinggi untuk menarik vakum kecil untuk menyaring bahan endapan (karena efek bernoulli). Dalam hal ini vakum parsial dapat digunakan untuk memindahkan proses gas melalui ventury maupun melalui sistem proses fasilitas.

Energi untuk pembentukan tetesan berasal dari injeksi air. Air yang bertekanan tinggi akan melewati saluran berbentuk ventury memiliki banyak tetesan air halus yang menyediakan pencampuran turbulen anatar gas dan fase cair. Injeksi cairan yang sangat tinggi digunakan untuk menggerakkan gas dan membuat efisiensi pengumpulan lebih tinggi. Seperti dengan jenis lain ventury, saran memisahkan cairan entrained dari aliran gas harus

diterapkan. Pemisahan biasanya digunakan untuk menghilangkan tetesan kecil yang masih tersisa.



Gambar 2.23 ejector ventury scrubber

6. Wet Scrubber

Istilah scrubber basah menggambarkan berbagai perangkat yang berfungsi untuk menghilangkan polutan dari tungku gas buang atau dari aliran gas lainnya. Dalam scrubber basah, aliran gas yang tercemar akan menabrak air yang dispray, dengan memaksa kolom cairan, atau dengan beberapa metode kontak lainnya, yang berfungsi untuk menghilangkan polutan.

Desain scrubber basah tergantung pada kondisi proses industri dan sifat dari polusi udara yang ada didalamnya.

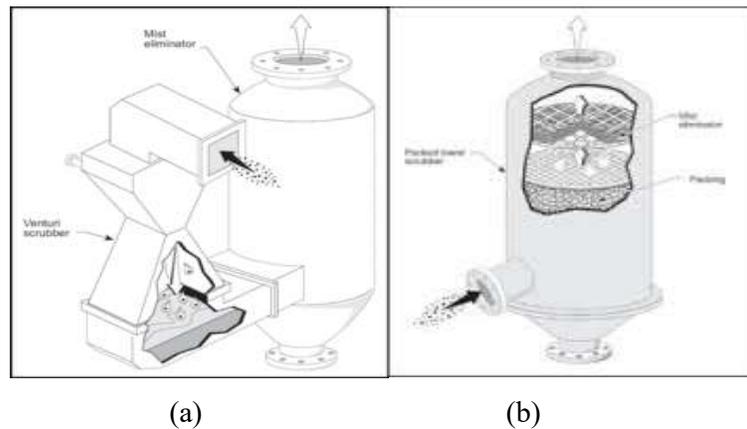
Karakteristik gas inlet dan sifat debu (jika partikel yang hadir) merupakan kepentingan yang utama. Scrubber dapat dirancang untuk mengumpulkan partikel dan atau polutan gas. scrubber basah akan menghilangkan partikel debu dengan menangkap dan menyerap debu dalam tetesan air. Gambar (a) dan (b) menunjukkan dua contoh desain scrubber basah, termasuk penghilang asapnya. Gambar (a) adalah desain venturi scrubber. Untuk memisahkan asap pada venturi scrubber digunakan perangkat yang terpisah atau disebut pemisah cyclone. Gambar (b) memiliki desain menara dimana penghilang asap strukturnya dibangun ke atas.

Kemampuan scrubber basah untuk mengumpulkan partikel – partikel kecil sering berbanding lurus dengan masukan daya ke scrubber. Perangkat energi rendah seperti menara semprot yang digunakan untuk mengumpulkan partikel yang lebih besar dari 5

mikrometer. Untuk mendapatkan penghapusan efisiensi tinggi 1 mikrometer atau kurang biasanya membutuhkan perangkat partikel energi tinggi seperti venturi scrubber atau perangkat ditambah seperti scrubber kondensasi. Selain itu, pemisah enentrainment benar dirancang dan dioperasikan atau kabut eliminator penting untuk mencapai efisiensi removal yang tinggi. Semakin besar jumlah tetesan cairan yang tidak ditangkap oleh eliminator kabut semakin tinggi tingkat emisi potensial.

Scrubber basah yang menghilangkan polutan disebut sebagai peredam. Kontak gas ke cairan penting untuk memperoleh efisiensi removal tinggi di peredam. Sejumlah desain scrubber basah digunakan untuk menghilangkan polutan gas, dengan menara dikemas dan piring menara yang paling umum.

Jika aliran gas mengandung baik materi partikel dan gas, scrubber basah umumnya hanya polusi udara tunggal mengontrol perangkat yang dapat menghapus kedua polutan. Scrubber basah dapat mencapai efisiensi removal yang tinggi baik untuk partikel untuk gas dan, dalam beberapa kasus, dapat mencapai efisiensi removal tinggi untuk kedua polutan dalam sistem yang sama. Namun terendah untuk menghilangkan gas.

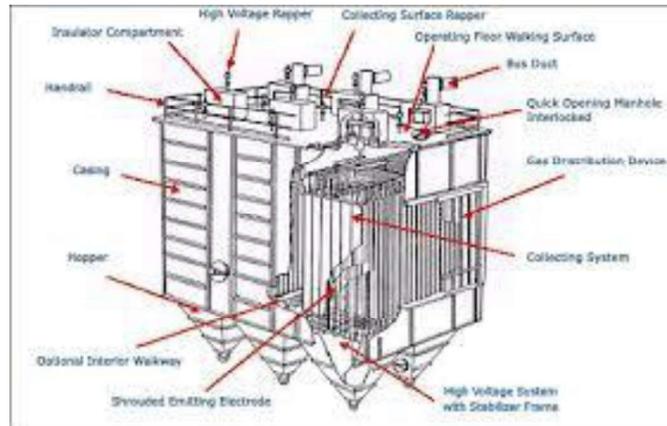


Gambar 2.24 Wet Scrubber

7. Electronic Precipitator (ESP)

Sebuah presipitator elektrostatis (ESP), atau pembersih udara elektrostatis adalah partikulat koleksi perangkat yang menghilangkan partikel dari gas yang mengalir (seperti udara) menggunakan kekuatan dari sebuah induksi muatan elektrostatis. Elektrostatis presipitator sangat efisien dalam perangkat filtrasi yang minimal menghambat aliran gas melalui perangkat, dan dengan mudah dapat menghapus partikulat halus seperti debu dan asap dari aliran udara. Berbeda dengan scrubber basah yang menerapkan energi mengalir

langsung ke medium fluida, ESP energi berlaku hanya untuk partikulat dikumpulkan dan karenanya sebagai efisien dalam konsumsilistriknya.



Gambar 2.25 Electrostatic precipitator