



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan

##### A. Tentang Gula

Gula kristal yang kita kenal selama ini sebenarnya merupakan proses pengkristalan sakarosa atau sukrosa (A.Moerdokusumo, 1993).

Sukrosa atau *saccharose* ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) dibuat dari gabungan dua gula sederhana yaitu glukosa dan fruktosa. Sukrosa merupakan disakarida dan secara komersial diperoleh dari batang tebu (Latief dkk, 2015).

Di PG. Lestari, bahan baku yang digunakan adalah tebu, demikian juga dengan pabrik-pabrik lainnya yang memproduksi gula.

Tebu yang digunakan untuk bahan baku gula yaitu pada bagian batang, karena gula (sukrosa) berada pada bagian batang sekitar 10 % dan sisanya ialah komponen bukan gula. Batang tebu bisa mencapai panjang 6 meter dengan rata-rata 3-4 m. Batang tebu berbuku-buku, diantara buku terdapat ruas yang keras. Didalam buku terdapat jaringan parenkim lunak, yang mengandung sekitar 80% dan gula keseluruhan. Kadar gula dari tiap buku berlainan, semakin kepucuk semakin rendah karena kemasakan berasal dari bawah. Tebu muda mempunyai perbedaan kandungan gula pada daerah pucuk dan pangkal yang besar. Semakin tua tanaman tebu, kadar gula pucuk semakin mendekati kadar gula pangkalnya. Tanaman tebu menjadi tua sekitar 12-16 bulan, namun tanaman tebu biasa ditebang pada umur 9-12 bulan (Suparmo dan Sudarmanto, 1991).

Bahan pembantu adalah bahan-bahan yang digunakan untuk membantu proses produksi untuk mendapatkan kemurnian nira sesuai dengan yang diinginkan. Bahan pembantu ini ditambahkan dalam nira



berupa kapur (susu kapur), fosfat, dan  $\text{SO}_2$ , untuk memperbaiki hasil nira jernih adalah sebagai berikut:

a. Asam Fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )

Asam fosfat digunakan pada proses pemurnian dengan tujuan untuk menyerap zat koloid, zat warna, dan zat lilin yang ada pada nira. Bagi perusahaan gula yang menggunakan sistem sulfitasi untuk proses pemurniannya, menetapkan bahwa kandungan asam fosfat pada GKP (Gula Kristal Putih) maksimal adalah 250 Mg/Kg atau 250 ppm (Fakhmi, dkk, 2016).

b.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  atau susu kapur

Tujuan pemberian susu kapur pada nira adalah untuk mencegah terjadinya inversi, mengendapkan kotoran dalam nira dan penetralan pH nira. Pengendapan terjadi karena susu kapur membentuk gumpalan-gumpalan yang disebabkan oleh garam Ca (Soejadi, 1974). Selain itu juga untuk menaikkan pH nira pada Defikator I yang semula 6,3 menjadi 7,2 – 7,4 dan pada Defikator II yang semula 7,2 menjadi 8,4 – 8,6 (Stasiun Pemurnian PG Lestari).

c. Gas Belerang ( $\text{SO}_2$ )

Bahan penjernihan dalam proses pemurnian secara sulfitalis alkalis secara kontinyu, yaitu dengan menambah gas belerang. Gas ini dalam proses pemurnian mempunyai fungsi menetralkan kelebihan susu kapur, sedangkan gas belerang dapat diperoleh dengan jalan penambahan belerang yang dialiri udara bersih (Soejadi, 1974). Pada Stasiun Pemurnian PG Lestari gas belerang juga berfungsi untuk Menetralkan pH menjadi 7,2 – 7,4 dan memperlambat pembentukan warna karena pengaruh reduksi asam sulfat.



d. Flokulan

Flokulan difungsikan untuk membentuk flok berukuran lebih besar yang tersusun atas beberapa padatan tersuspensi tunggal sehingga padatan tersuspensi tunggal tersebut dapat dipisahkan dari cairan. Flokulan yang biasa digunakan dalam industri pangan adalah Amyfloc dengan kadar 2 ppm (Purwanto, dkk, 2013).

e. NaOH dan HCl

Pada Stasiun Penguapan PG Lestari juga menambahkan NaOH dan HCl yang berfungsi sebagai pelunak kerak pada evaporator.

**B. Tentang Air**

Air merupakan bagian terpenting dari utility di pabrik. Selain digunakan sebagai pelancar jalannya proses, juga digunakan untuk kebutuhan karyawan yang tinggal di dekat pabrik. Air di PG. Lestari yang digunakan sebagai pelancar proses dikenal dengan 4 macam, yaitu:

a. Air Proses

Digunakan untuk keperluan sehari-hari sebagai air imbibisi pada gilingan sebagai air siraman pada puteran, pencucian gula pada pan masakan, membantu pembuatan susu kapur, pencucian pada proses penapisan juga pendinginan untuk bejana pengembunan dan mesin-mesin (Anonim, 2013).

b. Air Imbibisi

Air imbibisi bisa diberikan dalam keadaan panas atau dingin. Pemberian air imbibisi panas dapat meningkatkan ekstraksi gula, namun selain gula banyak komponen lain yang tidak larut dalam air dingin menjadi terbawa oleh air panas. Hal ini tidak diinginkan karena menyulitkan pemurnian nira. Pemilihan suhu air imbibisi sangat dipengaruhi oleh jenis tebu (Suparmo dan Sudarmanto, 1991).



c. Air Ketel

Air pengisi ketel ini pengaruhnya penting sekali pada kondisi air ketel, misal tinggi rendahnya keasaman atau kandungan garam. Karena itu, harus memperhatikan sumber air ketel, bahan yang terkandung, persyaratan air ketel, cara pemeriksaan dan perawatan air ketel (Jusak J.H., 2013).

d. Air Sanitasi

Air ini digunakan untuk keperluan pegawai pabrik, untuk pengisian pada MCK di pabrik, dan bangunan yang memerlukan air bersih, misalnya masjid di pabrik.

Air-air yang digunakan tersebut berasal dari:

1. Air permukaan (air sungai)

Pabrik Gula Lestari memperoleh air sungai dengan cara membuat saluran yang mengalirkan air ke dalam sebuah penampung, yang nantinya diendapkan lumpur-lumpur yang terbawa oleh air sungai.

2. Air tanah

Air tanah ini diperoleh dari pengeboran tanah yang ada disekitar pabrik. (Anonim, 2013).

3. Air kondens bebas gula

Air kondens terbentuk dalam pemanas badan penguap dipompa keluar melalui receiver. Antara receiver dan ruang pemanas terdapat pipa keseimbangan agar tekanan pada kedua tempat tersebut sama. Volume air yang tertampung pada receiver dapat dilihat dari ketinggian air di gelas penduga. Air kondens kemudian masuk kedalam peti kondens untuk pengisi ketel dan proses (Stasiun Penguapan PG Lestari).

4. Air kondens bergula

Air kondens ini digunakan dari uap nira pada evaporator dengan cara kondensasi pada evaporator akhir. Agar larutan nira lebih pekat dari evaporator pertama. (Anonim, 2013).



### C. Persyaratan Air

Air yang digunakan PG Lestari ini memiliki persyaratan, diantaranya yaitu :

1. Air proses ini bergantung pada pH, alkalinitas, kadar kalsium, magnesium, karbondioksida, oksigen, kekeruhan, warna dan logam lainnya. Hal yang diperhatikan untuk persyaratan air sebagai pendingin:
  - *Hardness* yang memberikan efek pada pembentukan kerak.
  - Besi yang menyebabkan korosi sekunder.
  - Silika yang menyebabkan korosi pada lapisan inhibitor

(Sumber : Stasiun Instalasi PG Lestari)

2. Air pengisi ketel

Air pengisi ketel ini berasal dari air sumur dan air kondensat.

- a) Air sumur

Air ini yang sudah di regenerasi yang punya kesadahan tinggi ( $\pm 5 \text{ }^{\text{od}}$ ), maka perlu dilunakkan hingga ( $\pm 0,1 \text{ }^{\text{od}}$ ) dengan menggunakan Natrium Zeolit (resin) yang mencegah adanya kesadahan yang disebabkan oleh ion ( $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ ). Selain pelunakan air sumur juga ditapis dengan menambahkan saringan yang berfungsi untuk membersihkan kotoran.

- b) Air kondensat

Dengan persyaratan sebagai berikut:

1. Nilai kesadahan = 0,1
2. pH = 7,6 – 7,8

(Sumber : Stasiun Pemurnian PG Lestari)

## 2.2 Karakteristik Limbah Industri

Karakteristik air limbah perlu dikenal, karena hal ini akan menentukan cara pengolahan yang tepat sehingga tidak mencemari



lingkungan hidup. Karakteristik air limbah secara garis besar digolongkan sebagai berikut:

a. Karakteristik Fisik

Contoh dari karakteristik ini yaitu *Solid*, TSS (*Total Suspended Solids*), TDS (*Total Dissolved Solids*), *Volatile* dan *Fixed Solids*, kekeruhan, warna (Metcalf and Eddy, 2003).

b. Karakteristik Kimia

Biasanya air buangan ini mengandung campuran zat-zat kimia organik dan anorganik.

- Zat Organik

Air limbah yang mengandung 75% *suspended solid* (SS) dari padatan yang dapat disaring dalam bentuk zat organik. Beberapa kandungan zat organik seperti protein penyebab bau tidak sedap, lemak dan minyak yang dapat menghambat aktivitas mikroba dalam pengolahan air limbah. Misalnya berasal dari air WTP, masakan atau condesat, evaporator, juice heater dan lain-lain.

Pengukuran zat organik dapat dilakukan dengan pengukuran COD, BOD dan DO.

- Zat Anorganik

Derajat keasaman (pH) diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. pH normal untuk kehidupan air 6,5 - 8,5 (Metcalf and Eddy, 2003).

c. Karakteristik Biologi

Kandungan bakteri patogen serta organisme golongan coli terdapat juga dalam air limbah tergantung dari mana sumbernya, namun keduanya tidak berperan dalam proses pengolahan air buangan (Metcalf and Eddy, 2003).



### 2.3 Dampak Air Limbah

Sesuai dengan batasan dari air limbah yang merupakan benda sisa maka sudah tentu bahwa air limbah merupakan benda yang sudah tidak dipergunakan lagi. Akan tetapi, tidak berarti bahwa air limbah tersebut tidak perlu dilakukan pengelolaan, karena apabila limbah ini tidak dikelola secara baik dan benar akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada. Pembuangan air limbah akan berdampak buruk jika tidak adanya pengolahan, dan dampak negatif yang ditimbulkan antara lain:

#### a. Pengaruh Air Limbah Terhadap Kesehatan

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

#### b. Pengaruh Air Limbah Terhadap Lingkungan

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

Bila industri membuang air limbah ke badan air dengan kualitas yang diatas baku mutu yang diijinkan, maka kadar oksigen akan menurun karena digunakan oleh bakteri pengurai. Namun bila tidak ada sumber pencemar baru yang masuk ke dalam badan air penampung, maka semakin lama akan mengalami *self purification* di dalam perjalanannya karena faktor-faktor pencemaran, suhu, kecepatan aliran, kemampuan absorpsi, kemampuan fotosintesis dan lain-lain,



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

a) Gangguan terhadap kesehatan

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

b) Gangguan terhadap kehidupan biotik

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

c) Gangguan terhadap keindahan

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

d) Gangguan terhadap kerusakan benda

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

## 2.4 Proses Produksi

### 2.4.1 Mesin Produksi

Mesin adalah “Suatu peralatan yang digerakkan oleh suatu kekuatan atau tenaga yang dipergunakan untuk membantu manusia dalam mengerjakan produk atau bagian-bagian prduk tertentu” (Sofjan Assauri, 2004).

Sedangkan “Produksi adalah segala kegiatan yang bertujuan untuk meningkatkan atau menambah guna atas suatu benda, atau segala kegiatan yang ditujukan untuk memuaskan orang lain melalui pertukaran” (Partadireja, 1985).

Melihat kedua pengertian diatas maka dapat disimpulkan bahwa mesin produksi adalah suatu peralatan yang membantu mengerjakan produk (bahan baku sampai bahan jadi) untuk menambah nilai guna atas suatu benda.

### 2.4.2 Alat produksi

Alat adalah “Benda yang dipakai untuk mengerjakan sesuatu” (KBBI, 2002).

Sedangkan produksi adalah segala kegiatan yang bertujuan untuk meningkatkan atau menambah guna atas suatu benda, atau segala kegiatan yang ditujukan untuk memuaskan orang lain melalui pertukaran” (Partadireja, 1985).

Melihat kedua pengertian di atas, maka yang dimaksud dengan alat produksi adalah alat atau benda yang digunakan untuk membantu kegiatan proses guna menghasilkan produk.

Adapun rincian mesin dan alat untuk produksi gula di Pabrik Gula Lestari adalah sebagai berikut:

#### 1. Stasiun Gilingan

##### a. Lier Tebu

Berfungsi untuk menarik lori kelandasan meja tebu.

Cara kerja :

- Alat ini berputar 2 (dua) arah yaitu maju mundur.
- Alat ini digunakan untuk menggerakkan tromol, menggulung kabel agar lori tebu bisa ditarik.

##### b. Cane Crane

Berfungsi untuk mengangkat tebu dari Lori atau Truk ke meja tebu.



Cara kerja:

- Sebelum diangkat dari dalam lori atau truk, Tebu di Ikat terlebih dahulu menggunakan tali.
- Tebu yang sudah di ikat, kemudian di angkat dan di timbang kemudian di turunkan ke meja tebu dengan posisi sejajar cane carrier. Setelah itu, rantai atau tali pengikat di lepas dan tarik ke atas untuk mengangkat tebu lagi.

c. Cane Table ( Meja Tebu )

Berfungsi untuk menempatkan dan mengatur tebu yang diletakkan di atas cane carrier.

Cara Kerja:

Tebu yang berada di atas meja tebu di gerakkan oleh electromotor menuju Cane Cutter melalui Cane Carrier.

d. Cane Carrier (Krepyak Tebu)

Berfungsi untuk membawa tebu ke alat pencacah (Cane Cutter & Unigrator).

Cara Kerja:

Tebu yang jatuh dari meja tebu di bawa cane carrier menuju cane cutter dan unigrator. Cane Carrier di atur kecepatannya sesuai dengan kemampuan gilingan.

e. Cane Cutter (Pisau Tebu)

Berfungsi untuk memotong tebu menjadi potongan-potongan kecil.

Cara Kerja:

Tebu dari cane carrier masuk ke cane cutter untuk dipotong sehingga proses pemerasan nira menjadi mudah.

f. Unigrator (*Hammer*)

Berfungsi untuk menghancurkan dan menyayat tebu sehingga bentuk serabut mudah untuk di perah, Proses ini tanpa merusak struktur sel tebu.

Cara kerja:

Tebu dari cane carrier masuk dalam keadaan mendatar dan alat unigrator berputar berlawanan dengan putaran cane carrier. Tebu



di lemparkan keatas terus menerus oleh *hammer* kemudian di parut oleh landasan, dan dilakukan terus menerus hingga tebu menjadi serabut.

## 2. Stasiun Pemurnian Nira

### a. Tangki Nira Tertimbang

Berfungsi untuk menampung nira dari gilingan untuk di lanjutkan ke saringan gesek dan masuk ke Boulogne nira mentah.

### b. Bolougne Nira Mentah

Berfungsi untuk menimbang nira mentah dari stasiun gilingan untuk kemudian di panaskan di juice heater.

### c. Juice Heater

Berfungsi untuk Pemanas nira encer, manfaatnya adalah mengurangi kadar air pada nira dimana nira akan berubah menjadi kental dan menyempurnakan reaksi yang terjadi dan mematikan mikroorganisme.

Pada Pabrik Gula Lestari jumlah juice heater ada 8, dimana tiap mesin juice heater mempunyai luas permukaan yang berbeda-beda.

### d. Defekator

Berfungsi untuk mereaksikan nira mentah dengan susu kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) pada peti defekasi. Di PG. Lestari memiliki 2 buah defekator, yaitu:

#### - Defekator I

Sebagai tempat reaksi pencampuran susu kapur dengan nira mentah sampai pH 7,2 dan juga di aduk supaya homogen.

#### - Defekator II

Sebagai penambahan susu kapur lagi pada nira sehingga didapatkan nira dengan pH 8,4 -8,6.

### e. Sulfitir Nira Mentah

Berfungsi untuk mengendapkan kotoran nira mentah dengan menggunakan  $\text{SO}_2$  (gas belerang).



f. Flash Tank atau DAT (*Dual Action Tank*)

Berfungsi untuk menguapkan gas-gas yang terkandung dalam nira mentah.

g. STC (*Single Tray Clarifier*)

Berfungsi untuk memisahkan nira jernih dan nira kotor. Untuk selanjutnya nira jernih di bawa menuju ke badan pengupan. Sedangkan, nira kotor masuk ke vacuum filter.

h. RVF (*Rotary Vacuum Filter*)

Berfungsi untuk memisahkan endapan yang terbentuk dari hasil reaksi dengan larutan yang jernih.

Cara Kerja :

Nira kotor dari Single Tray Clarifier (STC) dialirkan ke RVF dengan pompa, sebelumnya nira kotor diaduk di mixer bagasilo untuk ditambahkan ampas halus sehingga mempermudah pemisahan antara nira tapis dan blotong. Nira kotor menempel pada permukaan RVF dan disiram dengan air untuk mengikat nira tapis yang ada pada nira kotor. Kemudian nira tapis dipompa dengan menggunakan pompa filtrat menuju ke peti tampung nira mentah tertimbang. Pompa vacuum menarik blotong sehingga menempel pada permukaan RVF yang kemudian blotong dibuang keluar pabrik.

i. Talang Getar

Berfungsi untuk menyaring kerikil yang ada pada susu kapur.

j. *Scraper*

Berfungsi untuk men-scrap blotong kering.

### 3. Stasiun Penguapan

a. Evaporator

Berfungsi mengurangi kadar air dalam nira dengan cara menyemprotkan uap basah. Tangki evaporator yang ada pada Pabrik Gula Lestari berjumlah 6 (enam), yaitu: Evaporator IA, IB, IIB, III, IV dan V.



- b. Bejana Pengembun (kondensor)  
Berfungsi untuk mengembunkan uap nira dari evaporator terakhir.

## 5. Stasiun Masakan

- a. Vacuum Pan  
Berfungsi untuk memasak nira agar menjadi gula dan stroop.
- b. Pompa Vacuum  
Berfungsi untuk mengaduk dan mendinginkan gula, serta mengeluarkan udara yang tak mengembun agar meringankan pembentukan vacuum.
- c. Pompa Injeksi  
Berfungsi untuk memompa air injeksi ke kondensor untuk mendinginkan uap nira.
- d. Pompa Kondensat  
Berfungsi mengeluarkan kondensat dari sisi heat transfer tiap badan.
- e. Kaca Penglihat  
Berfungsi untuk mengamati tinggi rendahnya nira dalam evaporator.
- f. Kondensat Spot  
Berfungsi untuk memisahkan air kondensat dengan uap air.
- g. Peti Nira Kental  
Berfungsi untuk menampung nira yang sudah mengalami proses penguapan.
- h. Pompa Rota  
Berfungsi untuk mengalirkan gula ke palung untuk kemudian di alirkan ke stasiun puteran agar menjadi Gula Kristal Putih (GKP).

## 6. Stasiun Puteran atau Kristalisasi

- a. RCC  
Berfungsi untuk menampung gula D-1.
- b. *Masquite Reheater*  
Berfungsi untuk memanaskan gula.



c. LGF (*Low Grade Fugal*)

Berfungsi untuk memutar masakan yang mempunyai HK atau kemurnian (*purity*) rendah seperti dari masakan gula C dan gula D, yang kemudian dikirim ke stasiun masakan untuk bahan gula A. Dimana pada mesin LGF ini juga terdapat saringan yang memisahkan tetes dan kristal gula.

d. HGF (*High Grade Fugal*)

Berfungsi untuk memutar gula yang mempunyai HK atau kemurnian (*purity*) tertinggi seperti dari masakan A dan gula SHS.

e. Talang Getar

Berfungsi menjalankan gula yang sudah menjadi kristal untuk dilanjutkan ke bagian penyelesaian.

f. *Sugar Dryer*

Berfungsi untuk mengurangi kadar air gula SHS atau GKP sehingga gula lebih tahan lama.

## 2.5 Limbah Industri Gula

Limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup).

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

Ada beberapa macam limbah yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas dan limbah beracun/berbahaya (B3). Limbah yang tidak sesuai peruntukannya, diperlukan adanya pengolahan. Prinsip pengolahan limbah adalah mengubah zat-zat beracun dalam limbah menjadi zat-zat yang tidak beracun dan berbahaya, menyelesaikan masalah secara tuntas dan tidak memindahkan masalah. Sedangkan tujuan dari pengolahan limbah adalah



membuat limbah sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lingkungan.

### 2.5.1 Limbah Cair Industri Gula

Limbah cair yang dihasilkan PG. Lestari , diantaranya adalah:

- a. Limbah cair dari air proses
  - Larutan gula
  - Bocoran nira
  - Tumpahan nira di selokan
  - Larutan nira bekas uji nira
  - Minyak pelumas
  - Air cucian serapan evaporator
  - Air pendingin gilingan
  - Air kurasan ketel

Limbah ini kemudian diolah pada Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL). Sistem penyaluran air limbahnya menggunakan saluran berbentuk gorong-gorong, kemudian di alirkan menuju pipa inlet IPAL. Setelah dilakukan pengolahan pada limbah dan telah memenuhi standar baku mutu akan dibuang ke badan air atau dimanfaatkan kembali misalnya dimanfaatkan untuk irigasi sawah masyarakat sekitar.

- b. Limbah cair dari air kondensor
  - Air jatuhan evaporator
  - Air jatuhan vacuum pan
  - Air pendingin sublimator
  - Air pendingin mesin pabrik

Limbah tersebut memiliki suhu yang tinggi. Oleh karena itu, treatment perbaikan mutu limbah hanya menekankan pada penurunan suhu dan penurunan zat organik yang terkandung dalam limbah, dapat diindikasikan dengan penurunan BOD dan COD. Setelah dilakukan pengolahan pada limbah dan telah memenuhi

standar baku mutu akan di buang ke saluran tersier lalu ke badan air dan digunakan kembali ke dalam proses (*semi close loop*).

### 2.5.2 Limbah Padat Industri Gula

Limbah padat yang dihasilkan PG. Lestari ada 3 macam, yaitu:

a) Blotong

Blotong berasal dari nira kotor pada stasiun pemurnian setelah melalui penyaringan pada Rotary Vacuum Filter menghasilkan nira tapis, yang diproses lagi dan blotong yang tertahan disaringan (screen) yang ditampung di bak penampung blotong. Blotong ini dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk pertanian (Stasiun Pemurnian PG Lestari).

b) Abu

Abu ketel adalah bahan tersisa dari hasil pembakaran ampas pada stasiun ketel (Stasiun Boiler PG Lestari).

c) Ampas tebu

Ampas tebu atau lazimnya disebut bagasse, adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Dari satu pabrik akan dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling. (Sansuri, dkk, 2007).

### 2.6 Baku Mutu Limbah Cair Industri Gula

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

Baku mutu limbah cair dalam Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 memperhatikan hasil teknologi pengolahan terbaik yang sekarang tersedia dan dapat dilaksanakan secara murah di Indonesia. Baku mutu ini akan diterapkan pada semua pengoperasian yang baru dan pengembangannya serta semua pengoperasian pada tahun 1995.



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

**Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014**

A. BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI INDUSTRI GULA DENGAN KAPASITAS KURANG DARI 2500 TON TEBU YANG DIOLAH PER HARI								
PARAMETER	Air Limbah Proses		Air Limbah Condensor		Air Limbah Abu Ketel		Air Limbah Gabungan	
	Kadar maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (g/ton)	Kadar maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (g/ton)	Kadar maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (g/ton)	Kadar maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (g/ton)
BOD5	100	50	60	1500	60	120	60	1650
COD	250	125	100	2500	100	200	100	2750
TSS	100	50	50	1250	50	100	50	1375
Minyak dan lemak	5	2,5	5	125	5	10	5	137,5
Sulfida (Sebagai S)	1	0,5	0,5	12,5	0,5	1	0,5	13,75
pH	6,0 - 9,0		6,0 - 9,0		6,0 - 9,0		6,0 - 9,0	
Volume Limbah Maksimum	0,5 M3 per ton tebu yang diolah		25 M3 per ton tebu yang diolah		2 M3 per ton tebu yang diolah		27,5 M3 per ton tebu yang diolah	

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014

Catatan: Bila kualitas air permukaan untuk air kondensor melebihi baku mutu maka kualitas air pembuangan ditetapkan sama dengan kualitas air baku untuk kondensor.



**Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014**

<b>B. BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI INDUSTRI GULA DENGAN KAPASITAS ANTARA 2500 SAMPAI 10.000 TON TEBU YANG DIOLAH PER HARI</b>								
PARAMETER	Air Limbah Proses		Air Limbah Condensor		Air Limbah Abu Ketel		Air Limbah Gabungan	
	Kadar maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (g/ton)	Kadar maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (g/ton)	Kadar maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (g/ton)	Kadar maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (g/ton)
BOD5	60	30	60	30	60	30	60	90
COD	100	50	100	50	100	50	100	150
TSS	50	25	50	25	50	25	50	75
Minyak dan lemak	5	2,5	5	2,5	5	2,5	5	7,5
Sulfida (Sebagai S)	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75
pH	6,0 - 9,0		6,0 - 9,0		6,0 - 9,0		6,0 - 9,0	
Volume Limbah Maksimum	0,5 M3 per ton tebu yang diolah		5 M3 per ton tebu yang diolah		0,5 M3 per ton tebu yang diolah		1,5 M3 per ton tebu yang diolah	

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014

**Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014**

<b>C. BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI INDUSTRI GULA DENGAN KAPASITAS LEBIH DARI 10.000 TON TEBU YANG DIOLAH PER HARI</b>		
PARAMETER	Air Limbah Proses	
	Kadar Maksimum (mg/liter)	Beban Pencemaran Maksimum (g/ton)
BOD5	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 Maksimum	0,5 M3 per ton tebu yang diolah	

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014



Catatan: Bila kualitas air permukaan untuk air kondensor melebihi baku mutu maka kualitas air pembuangan ditetapkan sama dengan kualitas air baku untuk kondensor.

## 2.7 Pengolahan Limbah Cair Industri Gula

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

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

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

1. Pengolahan primer (*Primary Treatment*)
2. Pengolahan sekunder (*Secondary Treatment*)
3. Pengolahan tersier (*Tertiary Treatment*)
4. Pengolahan lumpur (*Sludge Treatment*)

### 1. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

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

#### A) *Bar screen (saringan)*

Bar screen digunakan untuk melindungi pompa, katup, jalur pipa dan alat-alat lain dari kerusakan atau *clogging* dari benda-benda

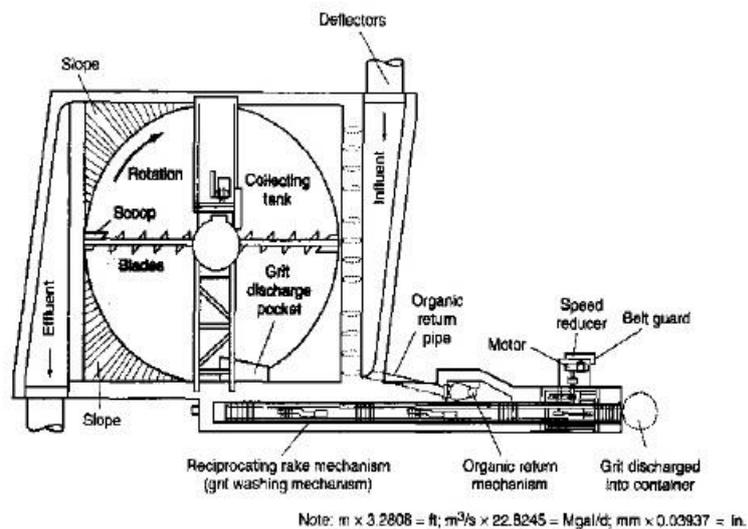
besar. Fungsi utamanya melindungi saringan berikutnya, mencegah pengurangan keefektifan proses pengolahan, mengurangi kontaminan air seperti sampah (Metcalf and Eddy, 2003).

## B) *Grit chamber*

*Grit chamber* pada pengolahan air limbah atau buangan berfungsi untuk menyaring dan menghilangkan *grit* yang lolos dari pengolahan sebelumnya. Jenis *grit* yang dihilangkan di unit pengolahan ini seperti pasir, kerikil, *cinders*, atau material besar yang lain. Sedangkan, untuk peletakan unit *grit chamber* ini biasanya setelah unit *bar screens* dan sebelum bak pengendap utama (Metcalf and Eddy, 2003). Ada dua jenis *grit chambers*:

- Horizontal Flow Grit Chamber

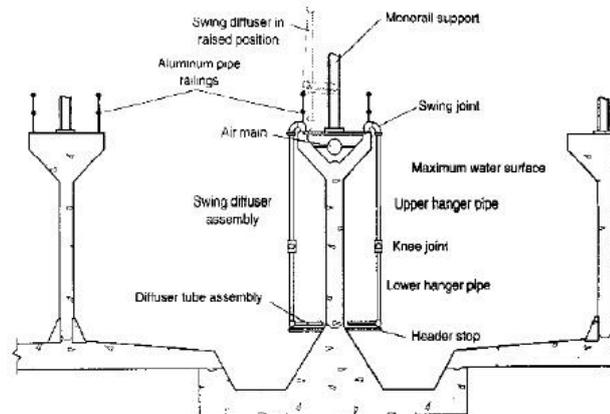
Biasanya tipe yang digunakan yaitu berbentuk persegi panjang dan persegi.



**Gambar 2.1 Skema Square Horizontal Grit Chamber  
(Metcalf and Eddy, 2003)**

- Aerated Grit Chamber

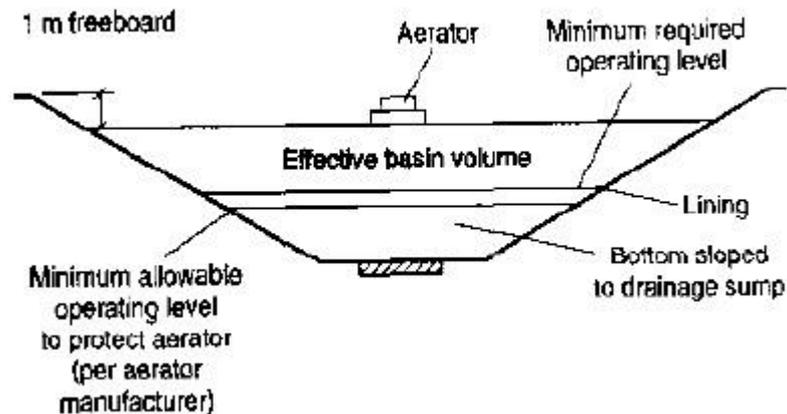
Air limbah yang menuju *grit chamber* ini diolah dengan aliran spiral dan membuat dua hingga tiga fase untuk melewati bagian bawah tangki pada saat kecepatan maksimum atau fase lebih ketika kecepatan aliran rendah.



**Gambar 2.2 Aerated Grit Chamber (Metcalf and Eddy, 2003)**

### C) *Ekualisasi*

Bak ekualisasi ini bukan merupakan unit pengolahan, namun memiliki peran yang besar didalam pengolahan air limbah. Fungsinya dalam pengolahan air limbah yaitu meningkatkan keefektifan pengolahan kedua dan lanjutan (Syed R Qasim, 1999). Selain itu juga berguna untuk menstabilkan debit aliran yang akan masuk ke unit pengolahan selanjutnya (Metcalf and Eddy, 2003).



**Gambar 2.3 Bak Ekualisasi dengan Lapisan dari Tanah  
(Metcalf and Eddy, 2003)**

#### D) *Flotasi*

Berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel suspensi, seperti minyak, lemak dan bahan-bahan apung lainnya yang terdapat dalam air limbah dengan mekanisme pengapungan (Eckenfelder, 2000). Berdasarkan mekanisme pemisahannya, menurut Syed R. Qasim, 1999 ada 2 macam :

1. Pressure Type Units

Tipe ini menggunakan tekanan udara untuk menghilangkan lemak, yaitu dengan tekanan udara sebesar 1 - 3 atm dan kecepatan rata-rata 2000 - 6000 gpd/ft<sup>2</sup>.

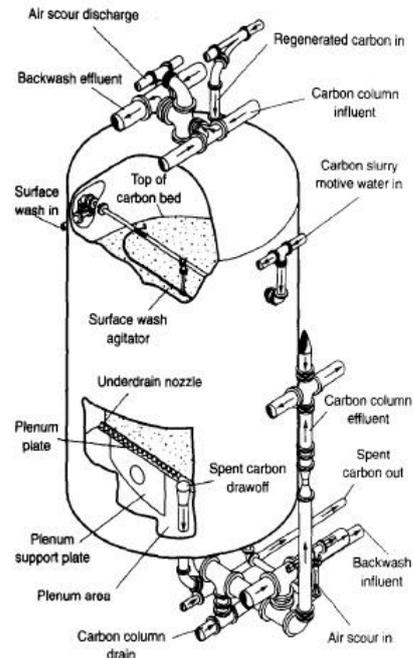
2. Vacuum Type Units

Proses ini terdiri dari bekerja dengan cara aerasi di dalam tangki atau memasukkan udara melewati pipa hisap pada *feed pump* limbah.

#### E) *Adsorpsi*

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

aktif yang digunakan ialah karbon berbentuk granular. Adsorpsi ini jarang sekali penggunaannya pada pengolahan air limbah, namun juga tergantung permintaan untuk kualitas effluen yang lebih baik (Metcalf and Eddy, 2003).



**Gambar 2.13 Kontaktor Karbon Aktif (Metcalf and Eddy, 2003)**

## 2. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

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

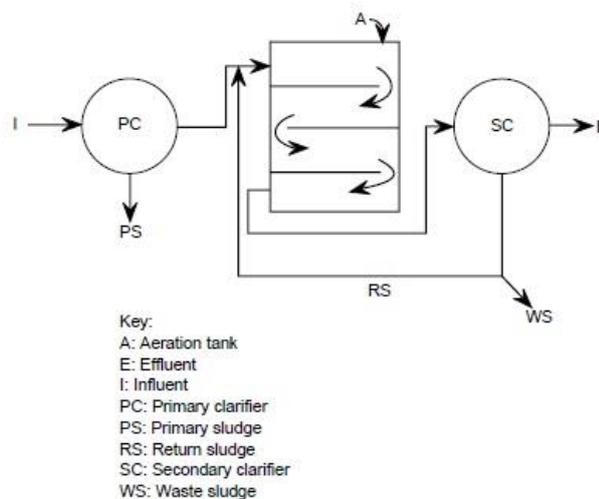
### A) Pengolahan lumpur aktif (*activated sludge*)

Dalam pengolahan air limbah juga ada proses biologis secara aerobik. Proses lumpur aktif ini salah satunya. Melalui penambahan mikroorganisme dan ditambah dengan oksigen, maka akan menjadi

karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan ammonia ( $\text{NH}_4$ ) (Said, 2017).

- Konvensional

Sistem konvensional terdiri dari bak aerasi, bak pengendap akhir dan bak pengendap pertama. Air yang berada di bak pengendap akhir yang mengandung massa mikroorganisme akan diendapkan, lalu dilakukan sirkulasi lumpur menuju bak aerasi dengan resirkulasi dengan bantuan pompa (Said, 2017).



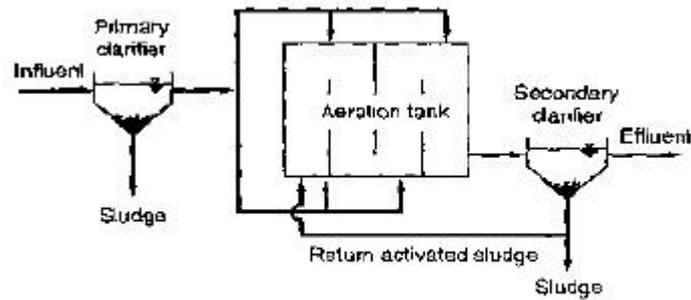
**Gambar 2.5 Proses *Activated Sludge* Konvensional**

( Syed R. Qasim, 1999)

- Step aerasi

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

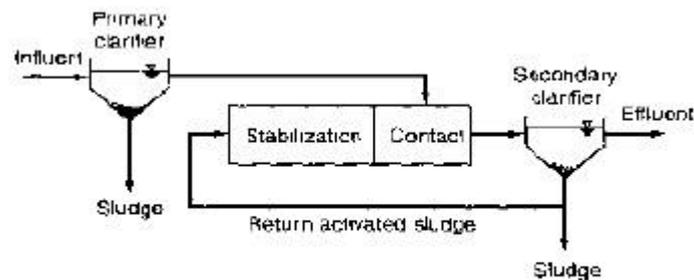
( Metcalf and Eddy, 2003)



**Gambar 2.6 Step Aerasi ( Metcalf and Eddy, 2003)**

- Contact Stabilisasi

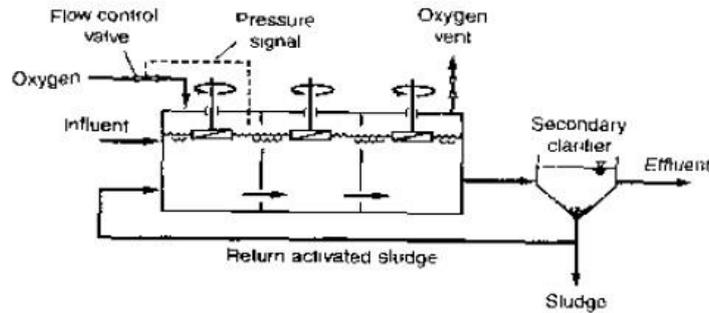
Sistem menggunakan 2 bak yang berbeda atau kompartemen, bak aerasi (bak kontak) dan bak stabilisasi. Pengolahannya hampir sama dengan proses lumpur aktif, perbedaannya pada bak stabilisasi. Sebelum pengembalian ke bak aerasi, aliran menuju bak stabilisasi terlebih dahulu dengan waktu tinggal 4 hingga 8 jam dan dihembuskan udara (Said, 2017).



**Gambar 2.7 Contact Stabilisasi  
(Metcalf and Eddy, 2003)**

- Pure Oxygen

Proses ini menggunakan oksigen murni dengan laju transfer tinggi. Efisiensi yang diperoleh meningkat dan produksi lumpur menjadi berkurang (Said, 2017).



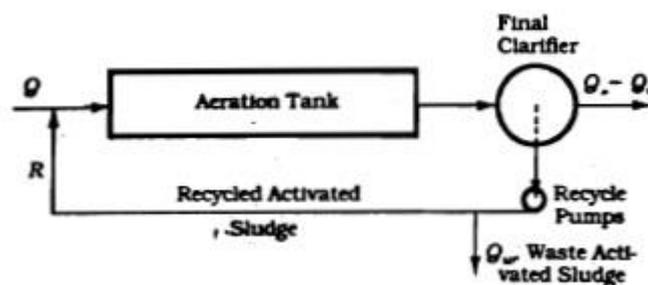
**Gambar 2.8 High-Purity Oxygen**  
(Metcalf and Eddy, 2003)

- High Rate Aeration

Proses ini merupakan modifikasi dari MLSS yang rendah dan BOD loading yang tinggi (Tom D. Reynold, 1996).

- Extended Aeration

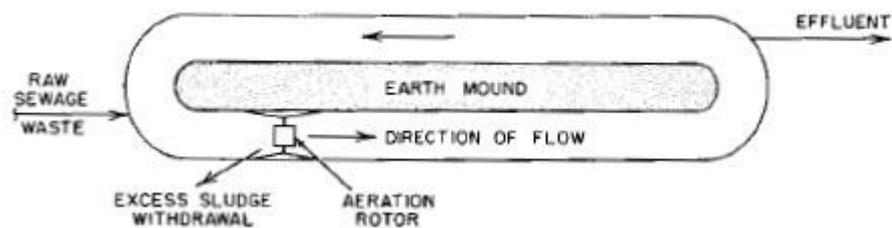
Proses ini tidak membutuhkan bak pengendap awal, cocok untuk komunitas yang kecil, membutuhkan aerasi yang sedikit (Said, 2017).



**Gambar 2.9 Extended Aeration dengan Bak Aerasi Persegi**  
(Tom D. Reynold, 1996)

- Oxidation Ditch

Bentuk *oxidation ditch* adalah oval atau saluran parit. *Oxidation ditch* dapat digunakan untuk komunitas yang relatif kecil, namun memerlukan luas lahan yang besar (Said, 2017).



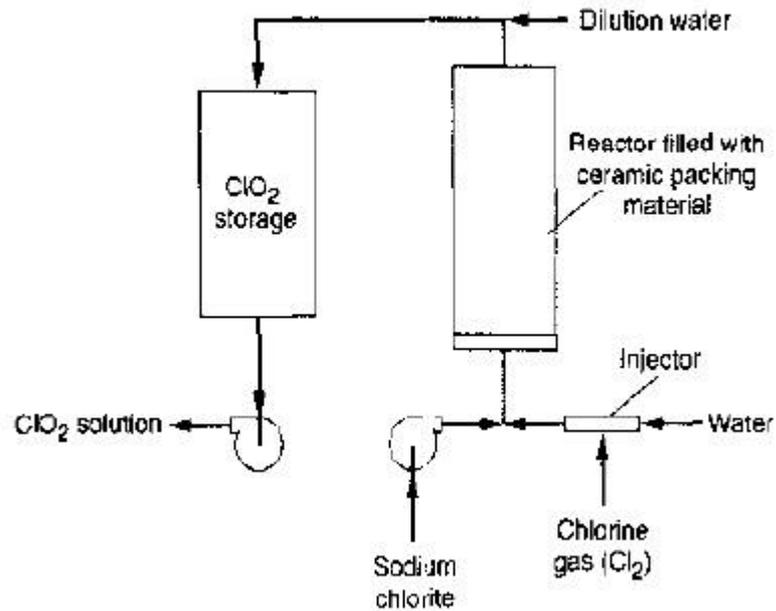
Gambar 2.10 Oxidation Ditch (Syed R. Qasim, 1999)

### 3. Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya. Unit pengolahan tersier ini terdiri dari :

#### A) Klorinasi

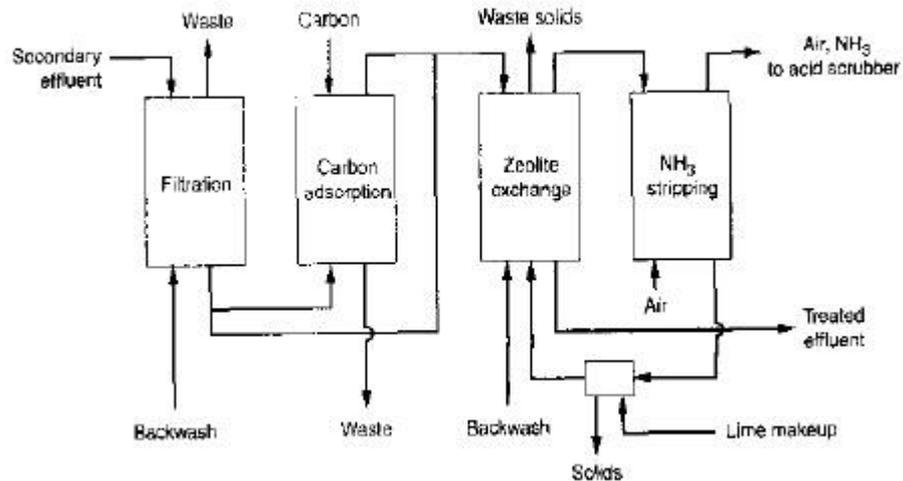
Klorin umumnya dipakai sebagai desinfektan karena efektif pada konsentrasi rendah, murah dan membentuk residu ketika pengaplikasian dosis yang cukup. Kemungkinan juga klorin ini diaplikasi sebagai gas atau sebagai hipoklorit. Terdapat juga fungsi lainnya yaitu mengurangi substansi dan material organik (Tom D Reynold, 1996).



Gambar 2.11 Skema Flow Diagram Chlorine Dioxide  
(Metcalf and Eddy, 2003)

#### B) Ion Exchange

Ion Exchange dapat digunakan dalam pengolahan air buangan untuk penysisihan nitrogen ( $\text{NH}_3$ ), logam berat, dan TDS. Pengoperasiannya bisa dilakukan pada mode *batch* atau *continuous* (Metcalf and Eddy, 2003).

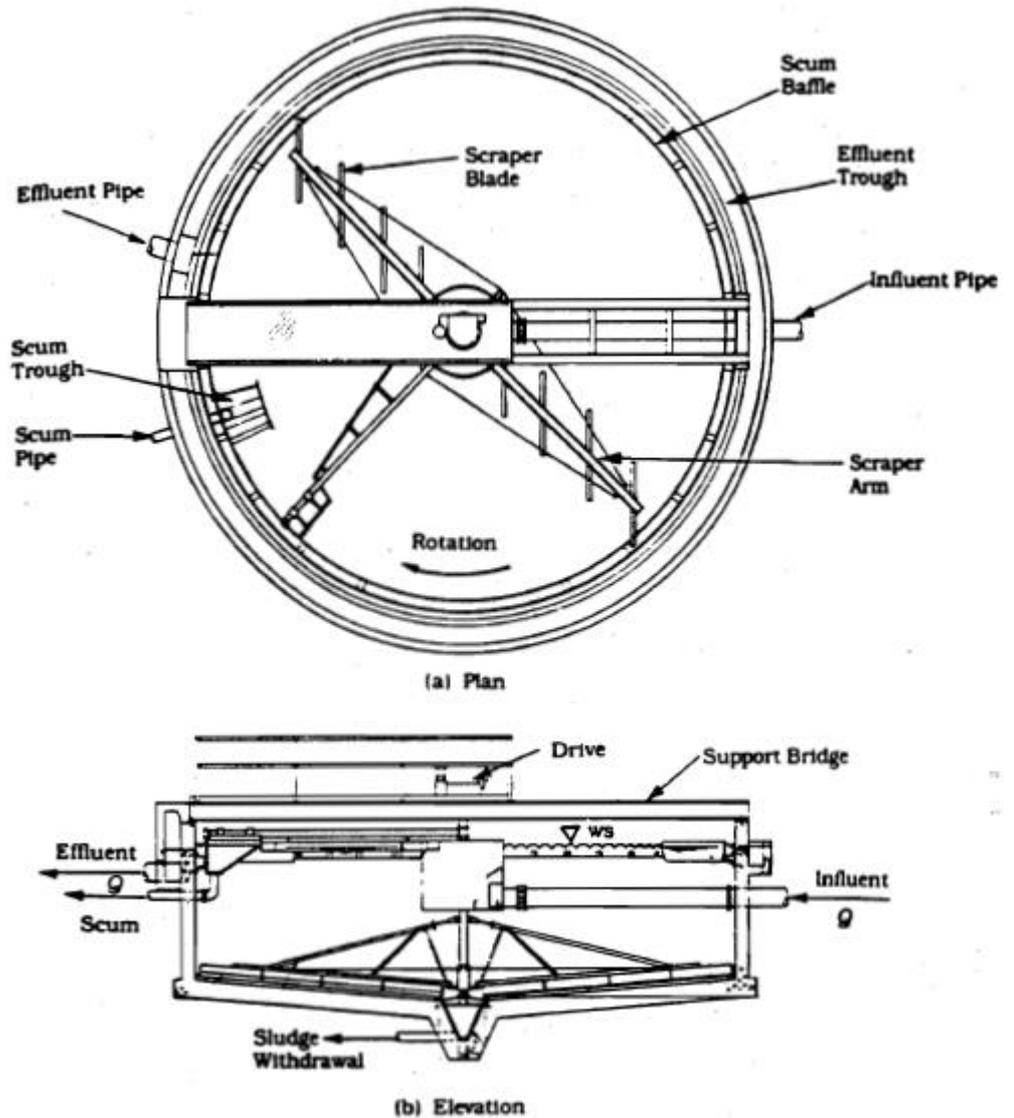


**Gambar 2.12 Pengaplikasian Ion Exchange dalam Penyisihan Ammonia dengan Zeolite Exchange (Metcalf and Eddy, 2003)**

C) Bak Pengendap II ( Secondary Clarifier )

Bangunan ini digunakan untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air limbah umumnya untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya.

Bentuk bak pengendap ini segi empat atau lingkaran. Aliran di bak ini sangat tenang. Sehingga padatan tersuspensi atau flok dapat mengendap. (Said, 2017).



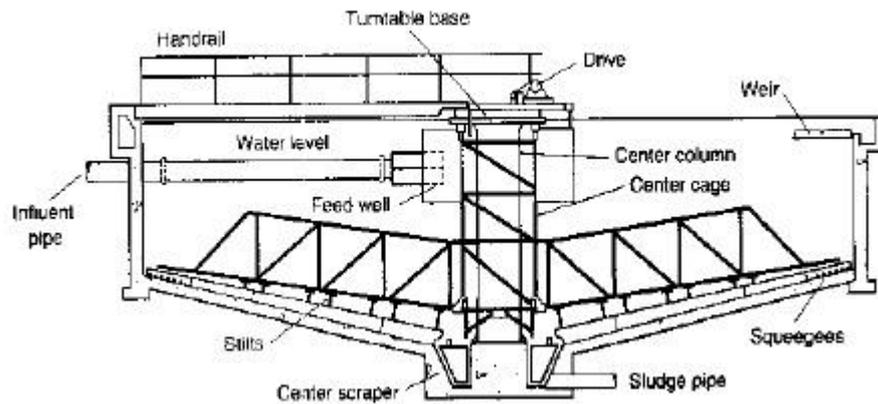
Gambar 2.13 Bak Sedimentasi Lingkaran (Tom D Reynold, 1996)

#### 4. Pengolahan lumpur (*Sludge Treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Unit pengolahan lumpur meliputi :

A) Sludge Thickener

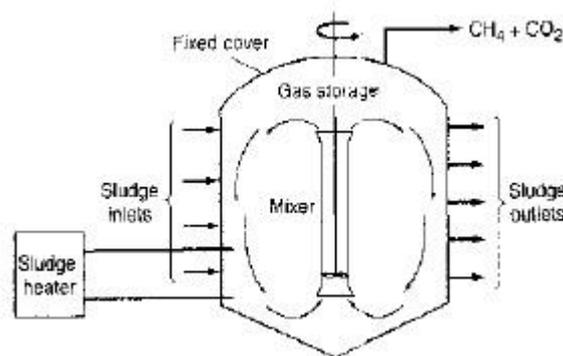
*Sludge thickener* adalah suatu bak yang berfungsi untuk menaikkan kandungan solid dari lumpur dengan cara mengurangi porsi fraksi cair (air) (Metcalf and Eddy, 2003).



**Gambar 2.14 Sludge Thickener (Metcalf and Eddy, 2003)**

#### B) Sludge Digester

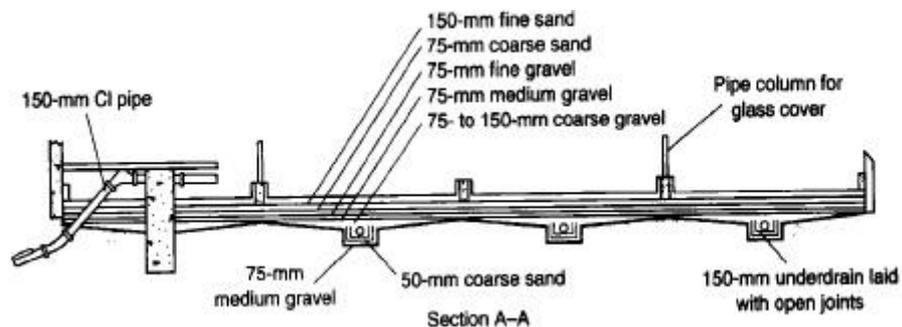
*Sludge digester* merupakan proses tertua dalam pengolahan lumpur yang berfungsi untuk menstabilkan *sludge* dan biosolid. Mayoritas pengaplikasiannya pada pengolahan anaerobik dari pengolahan air limbah perkotaan dan industri (Metcalf and Eddy, 2003).



**Gambar 2.15 Sludge Digester Anaerobic Single Stage (Metcalf and Eddy, 2003)**

## C) Sludge Drying Bed

*Sludge drying bed* merupakan metode yang paling banyak dipakai untuk mengeringkan lumpur biosolid dan endapan lumpur dari proses lumpur aktif. Ada 5 macam drying beds yang digunakan yaitu : (1) *conventional sand*, (2) *paved*, (3) *artificial media*, (4) *vacuum-assisted*, (5) *solar*. Salah satu tipe dari *sludge drying bed* yaitu *conventional sand* berbentuk persegi panjang yang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa *drain* untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari (Metcalf and Eddy, 2003).



**Gambar 2.16 Potongan Sludge Drying Bed**