

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Produksi Industri Gula Candi Sidoarjo

Proses produksi industri gula di Industri Gula Candi Sidoarjo memiliki tahapan proses secara umum sama dengan pabrik gula lainnya, dengan menggunakan proses sulfitasi pada stasiun pemurnian. Berikut ini adalah proses produksi gula pada Industri Gula Candi, Sidoarjo:

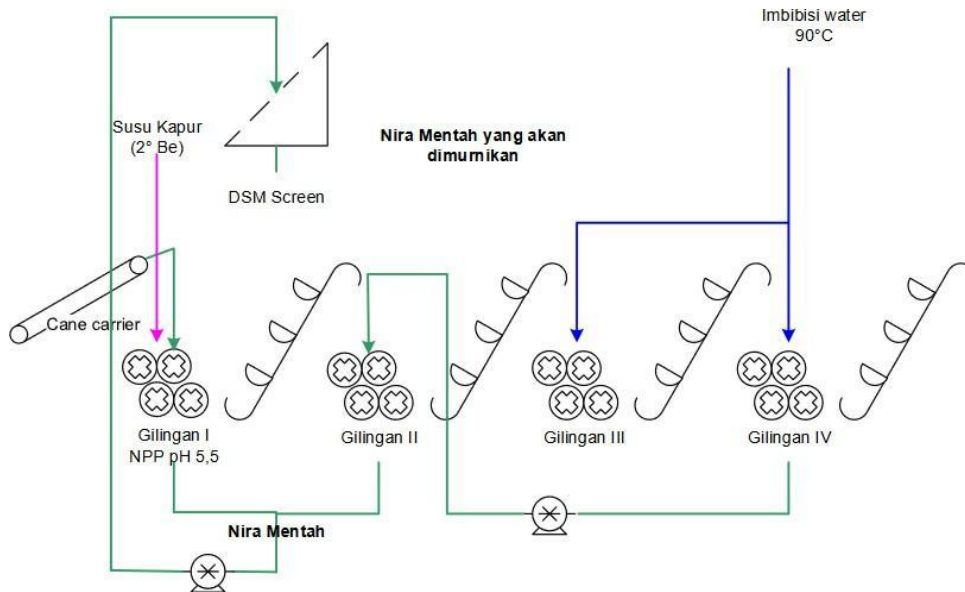
a. Stasiun Persiapan

Pada stasiun persiapan bertujuan untuk mempersiapkan tebu sampai tebu siap giling. Pada stasiun persiapan terdapat tiga pos, yaitu:

1. Pos penerimaan atau pos pantau Pada pos penerimaan dilakukan pemeriksaan kadar gula (brix) tebu menggunakan refraktometer dan pemeriksaan pH tebu menggunakan pH meter.
2. Pos penimbangan Pada pos penimbangan, truk yang bermuatan tebu ditimbang terlebih dahulu, setelah muatan truk diturunkan, truk kemudian ditimbang kembali. Berat muatan diperoleh merupakan selisih dari berat truk bermuatan & berat truk kosong.
3. Pos pembongkaran Pada pos pembongkaran, tebu dari truk dipindahkan ke lori (kereta pengangkut tebu) tebu menggunakan *cane crane* kemudian dipindahkan ke meja tebu sebelum masuk ke dalam stasiun gilingan. Tempat antrian tebu yang akan digiling disebut dengan Emplacement tebu. Pengambilan pada emplacement ini menggunakan sistem FIFO (*First In First Out*).

b. Stasiun Gilingan

Pada stasiun penggilingan bertujuan untuk memperoleh nira sebanyak-banyaknya dan meminimalkan kandungan nira pada ampas tebu.



Gambar 2.1 Gambaran proses status Gilingan

Sumber : (https://1.bp.blogspot.com/-Q4Ieq6nCwK8/YPP0aFE-sEI/AAAAAAAAACw0/P9y4EpHlIDgOAhf0_YnVnpfCUL5Y7nFLACLcBGAsYHQ/s1600/Stasiun%2BGilingan%2BPabrik%2BGula.png)

Serabut yang telah bercampur dengan kapur tohor masuk ke gilingan I. Nira perahan pertama langsung menuju saringan *Dutch States Mines Screen* (DSM - screen) untuk dipisahkan antara nira dan ampas yang masih terbawa dan ditampung dalam bak nira tertimbang. Ampas dari gilingan I dibawa oleh *intermediate carrier* menuju gilingan II, pada gilingan dua terjadi penambahan air imbibisi. Nira hasil gilingan II menuju penampung II yang berhubungan dengan DSM screen, sedangkan ampas gilingan II dibawa menuju gilingan III. Pada gilingan III juga terjadi penambahan air imbibisi.

Nira dari gilingan III, dibawa kembali menuju gilingan II sebagai nira imbibisi. Ampas gilingan III dibawa ke gilingan IV. Nira gilingan IV menuju gilingan II sebagai nira imbibisi, sedangkan ampas dari gilingan IV dibawa ke stasiun ketel oleh *baggage carrier*. Dibawah *baggage carrier* terdapat saringan yang berfungsi untuk memisahkan ampas kasar dan ampas halus. Ampas kasar dikirim menuju ketel, yang akan digunakan sebagai bahan bakar dapur ketel. Ampas halus di blower menuju mixer untuk dicampur dengan nira kotor untuk dijadikan blotong.

a. **Stasiun Pemurnian**

Tahap pemurnian bertujuan untuk memisahkan gula dari kotoran yang ikut terlarut dalam nira. Nira yang telah disaring oleh *DSM screen* dan ditampung pada bak nira tertimbang, ditambahkan asam fosfat untuk mengikat kotoran dan ditarik menuju *juice heater* I atau pemanas pendahuluan I. Nira dipanaskan hingga suhu 80°C dengan uap bekas dari proses stasiun gilingan.

Nira dari *juice heater* I masuk ke dalam tabung Ca-sakarat untuk dicampur dengan susu kapur dan nira kental 20 % keluaran evaporator 5 guna menyempurnakan pembentukan flok, sehingga pH sakarat naik menjadi 8,6 (basa). Nira dari tabung sakarat dialirkan menuju sulfur tower untuk dicampurkan dengan gas SO₂ atau biasa disebut sebagai proses sulfitasi. Gas SO₂ dari sulfur *burner* masuk melewati bawah sulfur tower, sedangkan nira masuk melalui atas sulfur tower. Proses sulfitasi menghasilkan kisaran pH nira dari 7- 7,2. Kemudian nira dipompa menuju *juice heater* II, nira dipanaskan hingga mencapai suhu 105 - 110°C.

b. **Stasiun Penguapan**

Tujuan dari proses penguapan adalah menguapkan sebanyak mungkin air yang terkandung pada nira jernih, sehingga mencapai kondisi larutan mendekati jenuh. Nira jernih hasil pemurnian dialirkan menuju evaporator untuk mendapatkan nira kental dengan *Brix* minimal 60% dengan sistem lima kali penguapan. Penguapan dilakukan pada kondisi vakum karena nira tidak tahan terhadap suhu tinggi, nira pada suhu tertentu (>125°C) akan mengalami kerusakan sehingga tekanan dalam evaporator diturunkan agar mencapai kondisi vakum dan titik didih nira dapat diturunkan sampai 60°C. Suhu larutan setiap evaporator akan mengalami penurunan karena adanya proses kondensasi.

c. **Stasiun Masakan/Kristalisasi**

Nira yang keluar dari evaporator terakhir biasanya lebih keruh dan lebih kental karena adanya kenaikan konsentrasi dan penggumpalan nira, sehingga dilakukan proses pemucatan (*bleaching*) dalam sulfur tower

dengan cara dikontakkan dengan gas SO₂. Nira dari sulfur tower mengalir menuju bak penampung nira tersulfitasi.

d. Stasiun Putaran

Tahap pemutaran pada industri gula merupakan proses penting yang bertujuan untuk memisahkan kristal gula dari larutan induknya (*mother liquor*) menggunakan gaya sentrifugal. Proses ini dilakukan setelah tahap kristalisasi untuk memperoleh gula dengan tingkat kemurnian tertentu. Masakan D yang mengalir melalui talang U dialirkan menuju puteran D1. Selama proses pemutaran berlangsung, dilakukan penambahan air agar pemisahan antara kristal gula dan larutannya menjadi lebih sempurna. Cairan hasil pemisahan dari puteran D1 disebut tetes (*molasses*). Selanjutnya, masakan C yang berasal dari palung pendingin dialirkan ke puteran C, menghasilkan gula C sebagai produk utama dan stroop C sebagai hasil samping. Penambahan air juga dilakukan pada tahap ini untuk meningkatkan efisiensi proses pemisahan. Tahapan berikutnya adalah pemutaran masakan A yang juga berasal dari palung pendingin dan dialirkan menuju puteran A. Pada proses ini dilakukan penambahan air sehingga dihasilkan gula A dan stroop A. Stroop A kemudian dipompa menuju petitunggu untuk proses selanjutnya, sedangkan gula A dialirkan ke tahap pemutaran lanjutan pada puteran SHS (Second High Speed). Pada puteran SHS, gula A diputar kembali dengan penambahan air guna menyempurnakan penghilangan kotoran yang masih tersisa. Hasil akhir dari tahap ini adalah gula SHS sebagai produk utama dan klare SHS sebagai hasil samping berupa larutan pemisahan akhir

e. Stasiun Pengemasan

Tahap penyelesaian bertujuan untuk mengeringkan gula SHS dan menyeleksi ukuran gula serta menghasilkan gula produk. Gula SHS hasil dari puteran SHS dikeringkan dengan sugar *dryer*, yang merupakan pengering yang menggunakan udara panas bersuhu 50°C selama 2,5 jam. Setelah gula mengalami pengeringan pada sugar dryer, gula tersebut melalui proses pendinginan (*cooler*) yang mempunyai suhu 30°C, sehingga diperoleh gula kering.

2.2 Karakteristik Air Limbah

Setiap industri mempunyai karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan Pabrik Gula Candi Sidoarjo Jawa Timur yang mempunyai karakteristik limbah yang berbeda, sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair. Dalam menentukan kualitas air dapat dilihat dari kandungan-kandungan yang ada di dalamnya. Adapun 6 beberapa parameter yang digunakan rujukan untuk menentukan kualitas air limbah adalah sebagai berikut:

2.2.1 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik. Angka COD merupakan ukuran bagi beban pencemar air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya kondisi oksigen didalam air (Alaerth dan Santika, 1987). Parameter COD dapat ditemukan karena limbah cair industri gula merupakan hasil pencampuran bahan kimia berupa kapur dari proses produksinya di stasiun pemurnian. Kandungan COD air buangan industri gula ini adalah 700 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur kandungan COD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 100 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

2.2.2 TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) dalam air limbah seperti pasir, liat, dan bahan organik. TSS jika dibuang ke badan air akan meningkatkan kekeruhan dalam air dan jika berada di dasar perairan akan mengganggu proses perkembangbiakan hewan – hewan air (Alaerth dan Santika, 1987). Parameter TSS dapat ditemukan karena limbah cair industri gula mengandung partikel padatan dari proses produksinya di stasiun gilingan, dan putaran. TSS juga merupakan parameter universal yang digunakan untuk standart *effluent* (bersama BOD) yang mana hasil dari pengolahan akan digunakan sebagai proses pengontrolan (Metcalf & Eddy, 2003). Kandungan TSS air buangan industri gula ini adalah 300 mg/L, sedangkan

baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 50 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

2.2.3 BOD (Biological Oxygen Demand)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (*biological oxidation*) secara dekomposisi aerobik. BOD merupakan salah satu empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua senyawa organik yang terlarut dan yang sebagian tersuspensi di dalam air (Alaerth dan Santika, 1987). Parameter BOD dapat ditemukan karena limbah cair industri gula mengandung unsur organik dari proses produksinya di stasiun masakan. Kandungan BOD air buangan industri gula ini adalah 420 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan sebesar 60 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur Tahun 2014).

2.2.4 Minyak-Lemak

Lemak dan minyak membentuk *esther* dan alkohol atau gliserol dengan asam lemak. *Gliserid* dari asam lemak ini berupa cairan pada keadaan biasa dikenal sebagai minyak dan apabila dalam bentuk padat dan kental sebagai lemak. Lemak tergolong pada benda organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri. Sebagai petunjuk dalam mengelola air limbah, maka efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan. Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada dipermukaan air, dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan, sehingga membentuk selamut. Kadar lemak sebesar 15-20 mg/L merupakan batas yang bisa ditolerir apabila lemak berada di dalam air limbah (Sugiharto, 1987).

Minyak dan lemak pada umumnya hadir pada limbah industri dalam bentuk minyak secara umum (yang pada umumnya mengapung di atas air), minyak dalam bentuk emulsi, dan minyak yang tercampur dengan padatan tertentu. Untuk minyak secara umum dapat dipisahkan secara gravitasi, hal itu disebabkan karena

specific gravity (sg) minyak berada pada nilai yang lebih kecil dari 1. Minyak hasil olahan petroleum dapat dipisahkan dari limbah dengan skimmer yang digerakkan pada bagian atas bak sedimentasi, termasuk minyak dari proses refinery, pabrik petrochemical, manufaktur logam dan laundry (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008).

Parameter minyak dan lemak dapat ditemukan karena limbah cair industri gula merupakan hasil dari pemisahan sari tebu dalam proses produksi di stasiun pemurnian. Kandungan minyak dan lemak air buangan industri gula ini adalah 10 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 5 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

2.2.5 Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan sebuah parameter kualitas yang penting bagi air baku dan air limbah. Ukuran konsentrasi pH yang cocok bagi semua kehidupan biologis bisa dibilang sangat kecil dan kritis yaitu diantara 6 hingga 9. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses penjernihannya. 12 pH yang baik bagi air minum dan air limbah dalam netral (7). Semakin kecil nilai pHnya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto, 1987).

Parameter pH dapat ditemukan karena limbah cair industri gula diproses dengan bahan campuran berupa kapur dan diatur derajat keasamannya menjadi basa agar waktu melalui pipa tidak mudah berkarat. Kandungan pH air buangan Industri Gula ini telah sesuai dengan Pergub Jatim Tahun 2014 yaitu di angka 7 dengan kata lain dapat disebut sebagai pH netral (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

2.2.6 Sulfida H₂S

Hidrogen sulfida (H₂S), adalah gas yang tidak berwarna, beracun, mudah terbakar dan berbau seperti telur busuk. Gas ini dapat timbul dari aktifitas biologis ketika bakteri mengurai bahan organik dalam keadaan tanpa oksigen (aktivitas anaerobik), seperti di rawa, dan saluran pembuangan kotoran. Gas ini juga muncul pada gas yang timbul dari aktivitas gunung berapi dan gas alam (Sugiharto, 1987). Hidrogen sulfida juga dikenal dengan nama sulfana, sulfur hidrida, gas asam (sour gas), *sulfurated hydrogen*, asam *hidrosulfurik*, dan gas limbah (sewer gas). IUPAC

menerima penamaan "hidrogen sulfida" dan "sulfana"; kata terakhir digunakan lebih eksklusif ketika menamakan campuran yang lebih kompleks.

Parameter sulfida dapat ditemukan karena limbah cair industri gula merupakan hasil dari pemurnian sari tebu dalam proses produksi di stasiun pemurnian dan masakan. Kandungan sulfida air buangan industri gula ini adalah 1,5 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan sulfida yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 0,5mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2014).

2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan

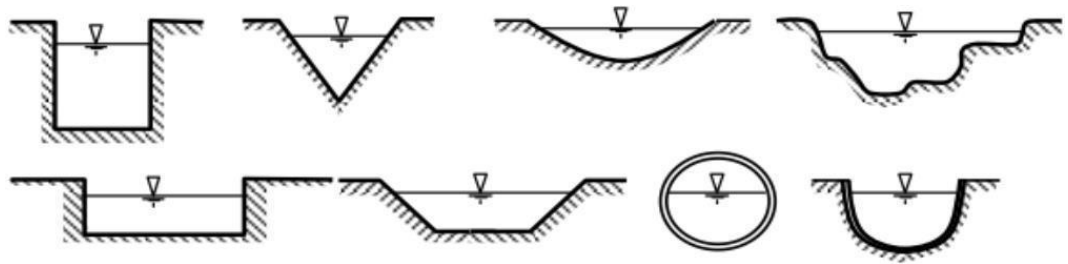
Menurut (Sugiharto, 1987) kegiatan pengolahan air limbah perlu dikelola dengan baik tergantung dari jenis kandungan limbahnya. Bangunan pengolahan air buangan mempunyai kelompok tingkat pengolahan. Kelompok tingkatan pengolahan air buangan dibedakan sebagai berikut:

2.3.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)

Proses *pre-treatment* adalah proses pengolahan awal secara fisik yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung yang berukuran besar maupun sedang agar dapat mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Tujuan dari pengolahan ini memisahkan kerikil dan zat padat. Selain itu juga berfungsi sebagai media penyalur air limbah dari unit produksi industri yang menghasilkan limbah ke bangunan pengolahan limbah. Unit pengolahan *pre-treatment* antara lain:

A. Saluran Pembawa

Saluran pembawa merupakan saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Pada *pre-treatment* saluran pembawa digunakan sebagai penyalur air limbah dari unit produksi ke bangunan pengolahan limbah. Saluran pembawa juga dibedakan menjadi dua, yaitu saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran terbuka (*open channel flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, diantaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut.



Gambar 2.2 Potongan Saluran Terbuka

(Sumber: https://emodul.untad.ac.id/pluginfile.php/198/mod_resource/content/1/reksun-mod5.pdf)

Saluran terbuka (*open channel flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, diantaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut. Sedangkan, saluran tertutup (*pipe flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu didalam tanah yang disebut dengan sistem *sewerage*. Namun walaupun tertutup, alirannya tetap mengikuti gravitasi yaitu aliran pada saluran terbuka.

B. Screen

Unit pengolahan pertama yang biasa digunakan pada proses pengolahan air buangan adalah *screening*. *Screen* merupakan sebuah alat berongga yang memiliki ukuran seragam yang digunakan untuk menahan padatan yang ada pada *influent* air buangan agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya. (Metcalf & Eddy, 2003).

Prinsip dari *screening* adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan: Kerusakan pada alat pengolahan



Gambar 2.3 Bar Screen Tipe Manual

(Sumber: <https://www.equipwater.com/equipment/screens/manual-bar-screen>)

Prinsip dari screening adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan:

- Kerusakan pada alat pengolahan
- Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan
- Kontaminan pada aliran air (Metcalf & Eddy, 2003)

Parameter	U.S. Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Ukuran Batang				
Lebar	0,2 - 0,6	0,2 - 0,6	5 - 15	5 - 15
Kedalaman	1,0 - 1,5	1,0 - 1,5	23 - 38	25 - 38
Jarak antar batang	1,0 - 2,0	0,6 - 0,3	25 - 50	15 - 75
Parameter Lain				
Kemiringan thd vertikal (Derajat)	30-45	0-30	30-45	0-30

Kecepatan	1,0-2,0 ft/s	2,0 3,25 ft/s	0,3 - 0,6 m/s	0,6 - 1,0 m/s
Headloss max	6 in	6-24 in	150 mm	150 mm

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Page 315 -316)

Tabel 2.2 Persen Removal Saringan Halus

Jenis screen	Luas permukaan		Persen Removal	
	In	Mm	BOD (%)	TSS (%)
<i>Fixed parabolic</i>	625	1,6	5 - 20	5 - 30
<i>Rotary drum</i>	0,01	0,25	25 - 50	25 - 45

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Page 315 -316)

Tabel 2.3 Klasifikasi Fine Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen	Penggunaan
	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran			
		In	Mm		
Miring (Diam)	Sedang	0,01 - 0,1	0,25- 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel	Pengolahan Primer
Drum Berputar	Kasar	0,1 - 0,2	2,5 – 5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel.	Pengolahan Pendahuluan
	Sedang	0,01 - 0,1	0,25- 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel.	Pengolahan Primer

	Halus		6 35 μ m	Stainless-steel dan kain polyester	Meremoval residual dari suspended solid sekunder
Horizontal Reciprocating	Sedang	0,06- 0,17	1,6-4	Batangan Stainless stell	Gabungan dengan Saluran Air hujan
Tangensial	Halus	475	1200 μ m	Jala-jala yang terbuat dari stainless steel	Gabungan dengan saluran pembawa

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Page 322-323)

C. Grease Trap

Grease Trap adalah alat perangkap *grease* atau minyak dan oli. Alat ini membantu untuk memisahkan minyak dari air, sehingga minyak tidak menggumpal dan membeku di pipa pembuangan dan membuat pipa tersumbat. Terbuat dari pasangan bata maupun *stainless steel* sehingga aman dari korosi. Alat ini cocok digunakan di rumah tangga dan di restoran.

Grease Trap juga dikenal sebagai pencegat lemak, perangkat pemulihan(recovery) minyak dan konverter limbah minyak) merupakan perangkat pipa yang dirancang untuk mencegat sebagian besar gemuk/minyak dan zat padat lain sebelum memasuki sistem pembuangan air limbah. Limbah umumnya mengandung sejumlah kecil minyak yang masuk ke dalam septik tank dan fasilitas pengolahan untuk membentuk lapisan buih mengambang.

Lapisan minyak dan lemak ini sangat lambat diolah (dicerna) dan dipecah oleh mikroorganisme dalam proses pencernaan anaerobik. Namun, jumlah yang sangat besar minyak dari produksi makanan di dapur dan restoran bisa membanjiri tangki septik atau fasilitas perawatan, menyebabkan pelepasan limbah yang tidak diolah ke lingkungan. Selain itu, viskositas lemak yang tinggi dari minyak masak

seperti lemak babi menjadi padat saat didinginkan, dan dapat bersama sama dengan limbah padat lain membentuk penyumbatan di pipa saluran.

Semakin bertambahnya waktu, semakin tebal pula lapisan minyak dan lemak yang ada pada *grease trap*. Sehingga dibutuhkan pembersihan dengan cara kotoran yang ada di bak penampung minyak pada *grease trap* dihisap oleh pipa penghisap melalui *manhole*. Jenis *Grease Trap*:

1. Yang paling umum adalah *grease trap* pasif, yaitu titik perangkat sederhana yang digunakan di bawah kompartemen bak cuci dalam dapur. *Grease trap* ini membatasi aliran dan menghapus 85-90% dari lemak dan minyak yang masuk. Makanan padat bersama dengan lemak, minyak, dan gemuk akan terjebak dan disimpan dalam perangkat ini.
2. Jenis yang paling umum kedua adalah tangki *in-ground* berukuran besar, yang biasanya 500-2000 galon. Unit-unit ini dibangun dari beton, *fiberglass*, atau baja. Dengan sifat ukuran lebih besar, perangkat ini memiliki kapasitas penyimpanan lemak dan limbah padat yang lebih besar untuk aplikasi aliran limbah yang tinggi seperti pada restoran atau rumah sakit. Trap ini biasa disebut pencegat gravitasi (*gravity interceptors*). Pencegat/trap memerlukan waktu retensi dari 30 menit untuk memungkinkan lemak, minyak, gemuk dan limbah padat makanan untuk menetap di tangki. Semakin banyak limbah masuk ke tangki maka begitu pula air yang bebas lemak didorong keluar dari tangki.
3. Jenis ketiga yaitu sebuah sistem GRD (*Grease Recovery Devices* atau Perangkat Pemulihan Lemak), menghapus lemak atau minyak permukaan secara otomatis ketika terjebak

D. Bak Penampung

Bak penampung merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung dan menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi di bak penampung maksimum adalah 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak

harus berada di bawah aliran masuk (*inlet*) atau saluran pembawa agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak penampung, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Manfaat utama dari aplikasi bak penampung antara lain:

1. Pengolahan biologis dapat dioptimalkan karena shock loading rate mampu dikurangi/dicegah, zat penghambat dapat diencerkan
2. Kualitas efluen dan kinerja tangki sedimentasi sekunder setelah pengolahan biologis air limbah mampu dioptimalkan melalui peningkatan konsistensi dalam pembuatan padatan
3. Kebutuhan luas permukaan dalam unit filtrasi dapat dikurangi, kinerja filter ditingkatkan, dan siklus backwash pada filter yang lebih seragam dimungkinkan dilakukan dengan muatan hidrolis yang lebih rendah (efisiensi penggunaan); iv) dalam pengolahan kimia, mampu mengurangi penggunaan bahan kimia akibat ketidakstabilan parameter yang fluktuatif setiap jamnya.

Adapun kriteria desain dan perencanaan yang harus dipenuhi untuk perencanaan unit bak penampung antara lain sebagai berikut (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018 :

Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Bak Penampung

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1.	Kedalaman Air Minimal	h _{min}	1,5-2	m	Metcalf&Eddy et a., 3 2007)
2.	Ambang Batas (Free Board)	h _{fb}	5-30	%	
3.	Laju Pemompaan udara (Aerasi)	Q Udara	0,01-0,015	M3/m3-Menit	
4.	Kemiringan dasar tangki	Slope	40-100	Mm/m diameter	(Qasim&Zhu, 2017)
5.	Waktu Tinggal	T _d	1-2	jam	(Metcalf&Eddy et al.,2007)

(Sumber: Dirjen Cipta Karya, 2018, Halaman 32)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses yang terjadi yaitu secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengapungan dan pengendapan.

2.3.2 Pengolahan Utama (*Primary Treatment*)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses yang terjadi yaitu secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengapungan dan pengendapan.

a. Netralisasi

Air baku dapat bersifat asam atau basa, maka sebelum dilanjutkan ke badan air atau ke unit pengolahan selanjutnya harus dalam keadaan optimal atau netral. Larutan dikatakan asam apabila memiliki nilai pH kurang dari 7, dikatakan netral apabila pH bernilai 7, dan dikatakan basa apabila memiliki nilai pH lebih dari 7. Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan kadar pH limbah menjadi netral. Hal ini bermaksud agar proses pengolahan limbah secara biologis tidak terganggu dan berjalan dengan baik. Bahan kimia yang banyak digunakan untuk menaikkan kadar pH antara lain soda abu (NaHCO_3), kapur tohor (CaO), Ca(OH)_2 , CaCO_3 , natrium hidroksida (NaOH). Proses netralisasi secara umum dilakukan di dalam bak dilanjutkan pengadukan dengan waktu tinggal 5-30 menit (Said, 2017)

Pada limbah industri gula terdapat kandungan Hidrogen Sulfida terlarut dalam bentuk H_2SO_4 yang berbahaya dan beracun bagi lingkungan. Alternatif pengolahan hidrogen sulfida dalam air limbah salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan metode Netralisasi. Adanya H_2SO_4 pada air limbah membuat air menjadi asam, sehingga perlu penambahan basa untuk penetralan pH dan pengolahan hidrogen sulfida. Pada jurnal digunakan Ca(OH)_2 , dengan reaksi kimia sebagai berikut :



b. Prasedimentasi

Prasedimentasi merupakan salah satu unit pengolahan pendahuluan yang digunakan untuk mengurangi kandungan Total Suspended Solids (TSS) pada air buangan industri gula sebelum dialirkan ke unit pengolahan selanjutnya. Pada industri gula, TSS umumnya berasal dari serat halus tebu

(bagasse), partikel lumpur halus, serta endapan bahan kimia proses, khususnya senyawa kalsium yang digunakan pada tahap klarifikasi nira. Keberadaan TSS yang tinggi dapat meningkatkan beban pengolahan dan menurunkan efisiensi unit pengolahan lanjutan apabila tidak ditangani sejak tahap awal.

Prasedimentasi juga banyak diterapkan pada bangunan pengolahan air minum sebagai bagian dari pengolahan pendahuluan. Unit prasedimentasi umumnya berbentuk persegi panjang (rectangular) atau melingkar (circular) dan dirancang untuk memanfaatkan gaya gravitasi dalam memisahkan partikel padat tersuspensi yang mudah mengendap dari aliran air.

Secara umum, unit prasedimentasi terdiri dari empat zona utama, yaitu zona inlet, zona pengendapan, zona lumpur, dan zona outlet. Zona inlet berfungsi untuk memperhalus aliran transisi dari aliran influen sehingga diperoleh kondisi aliran yang seragam dan stabil sebelum memasuki zona pengendapan. Zona pengendapan merupakan bagian utama bak, tempat berlangsungnya proses pemisahan partikel-partikel diskrit tersuspensi dari air buangan. Zona lumpur berfungsi sebagai tempat penampungan material hasil pengendapan berupa lumpur dan padatan tersuspensi yang terpisahkan. Selanjutnya, zona outlet berfungsi untuk memperhalus aliran transisi dari zona pengendapan menuju efluen serta mengatur debit air keluar dari bak (Qasim et al., 2000).

Efektivitas proses pengendapan pada unit prasedimentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain laju limpasan permukaan (overflow rate), kecepatan aliran horizontal (v_h), bilangan Reynolds partikel, serta karakteristik aliran di dalam bak pengendap (Reynolds & Richards, 1996). Faktor-faktor tersebut menentukan kemampuan unit dalam menurunkan konsentrasi TSS secara optimal.

Menurut Metcalf & Eddy (2003), beberapa kriteria desain yang perlu diperhatikan dalam perencanaan unit prasedimentasi meliputi waktu tinggal (detention time), debit rata-rata (average flow), debit puncak per jam (peak hourly flow), laju limpasan permukaan (overflow rate), serta

beban pelimpah (weir loading). Pemenuhan kriteria tersebut diperlukan agar unit prasedimentasi dapat berfungsi secara efektif dan berkelanjutan dalam sistem pengolahan air buangan industri gula.

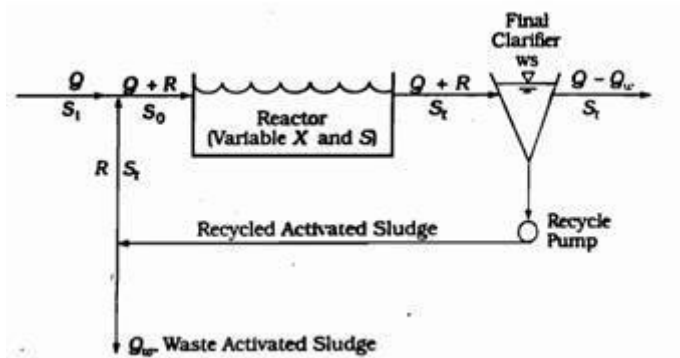
2.3.3 Pengolahan *Secondary Treatment*

a. Lumpur Aktif (*Aktivated Sludge*)

Pengolahan lumpur aktif adalah sistem pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik yang dibiakkan dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk menurunkan organik karbon atau organik nitrogen. Dalam hal menurunkan organik, bakteri yang berperan adalah bakteri heterotrof. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon (organik karbon). BOD dan COD dipakai sebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi organik karbon, dan selanjutnya disebut sebagai substrat. Adapun jenis proses di dalam activated sludge, yaitu:

1. Konvensional

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



Gambar 2.4 Alur Proses Activated Sludge

(Sumber: https://tse2.mm.bing.net/th/id/OIP.fW7k_W7Q0FF39apXjVIKLgHaEg?w=1280&h=780&rs=1&pid=ImgDetMain&o=7&rm=3)

2. Step Aeration

- Merupakan tipe *plug flow* dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet.

- Inlet air buangan masuk melalui 3 - 4 titik di tangki 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.

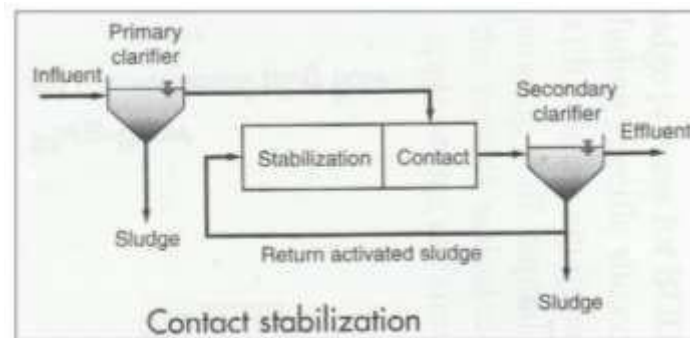
3. *Tapered Aeration*

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

4. *Contact Stabilization*

Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu :

- Contact tank yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
- Reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengabsorb (proses stabilasi).



Gambar 2.5 Activated Sludge Contact Stabilization

(Sumber: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-a-contact-stabilization-wastewater-treatment-plant_fig4_295398046)

a. **Pure Oxygen**

Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan Td pendek.

b. **High Rate Aeration**

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

c. **Extended Aeration**

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

d. Oxidation Ditch

Bentuk oksidation ditch adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah cair dengan lumpur aktif adalah sebagai berikut:

- Oksigen

Oksigen dibutuhkan ketika pengolahan terhadap air limbah dilakukan secara aerob. Tetapi untuk proses anaerob, kehadiran oksigen pada reaktor pengolahan limbah tidak diperbolehkan sehingga mikroorganisme yang digunakan untuk mendegradasi limbah adalah bakteri anaerob yang tidak membutuhkan oksigen.

- Nutrisi

Mikroorganisme akan menggunakan bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah cair sebagai makanannya, tetapi ada beberapa unsur kimia penting yang banyak digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan bakteri sehingga pertumbuhan bakteri optimal

- Makro nutrien

Sumber makro nutrient yang sering ditambahkan antara lain adalah N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na, dan Cl. Unsur nitrogen dan phospor yang digunakan biasanya diperoleh dari urea dan TSP dengan perbandingan 5:1 (Metcalf & Eddy, 2004)

- Mikro nutrien

Sumber mikro nutrient yang penting antara lain adalah Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, dan Ni . Penggunaan mikronutrient adalah 1-100 µg/L (Robert H. Perry, 1997). Karena jika terlalu banyak justru merupakan racun bagi mikroorganisme. Penambahan mikronutrient Cu lebih dari 1 mg/L mengakibatkan efisiensi penurunan TOC menjadi menurun (Y.P. Ting, *H. Imai and S. Kinoshita, 1994).

- Komposisi organisme

Komposisi mikroorganisme dalam lumpur aktif sangat menentukan baik atau tidaknya proses pengolahan yang dilakukan. Kondisi yang paling baik untuk pengolahan limbah dengan lumpur aktif adalah apabila populasi mikroorganisme yang dominan adalah free ciliata diikuti dengan stalk ciliata dan terdapat beberapa rotifera.

- pH

Kondisi pH lingkungan sangat berperan dalam pertumbuhan mikroorganisme terutama bakteri karena derajat keasaman atau kebasaaan akan mempengaruhi aktivitas enzim yang terdapat dalam sel bakteri. pH optimum untuk pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri adalah antara 6.5-7.5. Pergeseran pH dalam limbah cair dapat diatasi dengan larutan H_2SO_4 atau $CaOH$ maupun larutan kapur.

- Temperatur

Pengaruh temperatur untuk pertumbuhan mikroorganisme terutama bakteri adalah terhadap proses kerja enzim yang berperan dalam sintesis bahan-bahan organik terlarut dalam limbah cair. Temperatur optimal dalam proses lumpur aktif untuk pertumbuhan bakteri adalah $32^{\circ}C$ - $36^{\circ}C$ (Hammer, Mark J, 1931).

Adapun parameter yang penting untuk *design activated sludge* adalah:

- a. F/M rasio

Merupakan perbandingan antara substrat (*food*) terhadap mikroorganisme (M) atau lebih tepatnya adalah perbandingan antara substrat (BOD) yang masuk ke tangki aerasi per satuan waktu dengan massa mikroorganisme di tangki aerasi.

- b. Rasio resirkular (R)

Merupakan perbandingan antara debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi terhadap debit air yang diolah. Harga R tergantung pada jenis activated sludge yang digunakan.

- c. Konsentrasi BOD yang masuk ke tangki aerasi (C_0)

- d. Waktu detensi (T_d)

- e. Volume bak Aerasi

2.3.4 Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

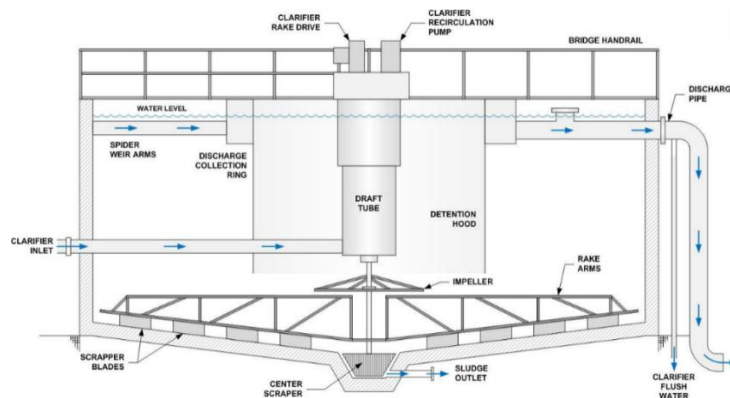
Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya. Unit pengolahan tersier ini terdiri dari:

a. Clarifier

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah. Biasanya dilaksanakan pada industri yang menghasilkan air limbah khusus, yaitu seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri pathogen lainnya. Clarifier sama saja dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis. Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat *scraper blade* yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga sludge terkumpul pada masing – masing dan dihilangkan melalui pipa dibawah sepasang blades. Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur yang terdapat di tengah bagian bawah clarifier. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi (Metcalf & Eddy, 2004). Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1 – 2 jam. Kedalaman clarifier rata – rata 10 – 15 feet (3 – 4,6 meter). Clarifier yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur

(sludge blanket) yang kurang dari 2 feet (0,6 meter) (Metcalf & Eddy, 2004).

Pada tahap ini, air yang telah melewati pengolahan pada pengolahan sebelumnya akan mengalami proses tahap selanjutnya yang merupakan pengendapan lanjut sehingga menurunkan padatan tersuspensi. Air yang telah diolah dan ditampung di secondary clarifier dapat dimanfaatkan lebih lanjut misal untuk menyiram tanaman, dll. Pada secondary clarifier ini tergantung pada kedalaman tangki, bedanya dengan *preliminary* clarifier yang tergantung pada kecepatan pengendapan. Namun masalahnya pada secondary clarifier adalah waktu detensi (waktu proses pengendapan), jika terlalu lama dikhawatirkan flok yang sudah terbentuk akan pecah lagi (Metcalf & Eddy, 2004).



Gambar 2.6 Clarifier

Sumber: <https://www.fossilconsulting.com/wp-content/uploads/2023/06/Clarifiers-1024x534-1.png>

2.3.5 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Pengolahan lumpur merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari suatu instalasi pengolahan air limbah domestik. Pengolahan lumpur memiliki beberapa tujuan, yakni mengurangi kadar air, menstabilkan, serta menghilangkan mikroorganisme patogen yang berpotensi terkandung di dalam lumpur. Hal ini dilakukan agar lumpur yang telah diproses dapat lebih aman ketika dibuang atau dimanfaatkan untuk keperluan terbatas. Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur

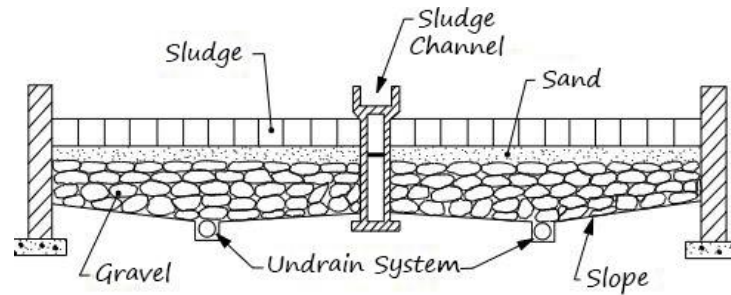
tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk 30 eperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena (Metcalf & Eddy et al., 2007):

1. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel untuk menimbulkan bau.
2. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahanorganik.

Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid). Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah untuk mereduksi kadar lumpur, dan memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman. Adapun unit pengolahan lumpur diantaranya adalah *sludge drying bed*. *Sludge drying bed* merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan. Bak ini berbentuk persegi panjangyang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa drain untuk mengalirkan air darilumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari. Adapun beberapa teknologi dalam pengolahan lumpur antara lain sebagai berikut:

1. Bak Pengering Lumpur (*Sludge Drying Bed*)

Prinsip bak pengering lumpur yaitu mengeluarkan air lumpur melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal daripengolahan air limbah secara langsung tanpa dilakukan proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan bak pengering lumpur. Bak pengering berupa bak dangkal yang berisi media penyaring pasir, batu kerikil sebagai penyangga pasir serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar dibuat saluran pembuangan air dan di atasnya diberi lapisan kerikil dan lapisan pasir kasar. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed* (Metcalf & Eddy et al., 2007).



Gambar 2.7 Sludge Drying Bed

Sumber : https://water.mecc.edu/courses/ENV110/drying_bed.JPG)

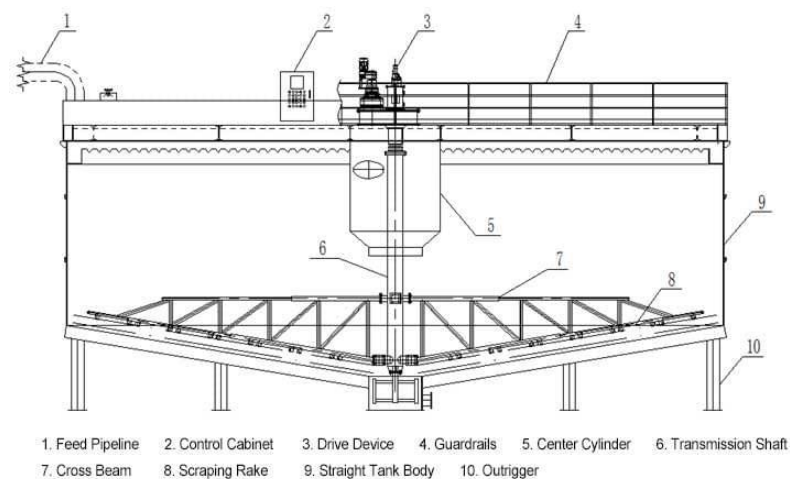
Tabel 2.5 Kriteria Desain Unit Sludge Drying Bed

No	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
1.	Tebal Pasir	23-30	cm	Qasim, 1985
2.	Tebal Kerikil	20-30	cm	
3.	Sludge Load Rate	100-300	Kg/m ² .tahun	
4.	Tebal Bed	20-30	cm	
5.	Panjang Bed	5-8	m	
6.	Panjang Bed	6-30	m	
7.	Waktu Pengeringan	10-15	hari	
8.	Uniformity Coefficient	<4		
9.	Effective Size	0,3-0,75	mm	
10.	V air dalam inlet	0,75	m/detik	
11.	V air dalam drain	0,75	m/detik	

12.	Tebal lumpur	200-300	mm	Metcalf & Eddy 4 Edition.,2003
13.	Kecepatan pipa underdrain	0,75	m/detik	
14.	Diameter pipa underdrain	>100	mm	
15.	Koef Keseragaman	<4	-	
16.	Ukuran efektif	0,3 – 0,785	%	
17.	Slope	>1	%	
18.	Rasio Lebar:panjang	6:6 -30	-	

2. Sludge Thickener

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

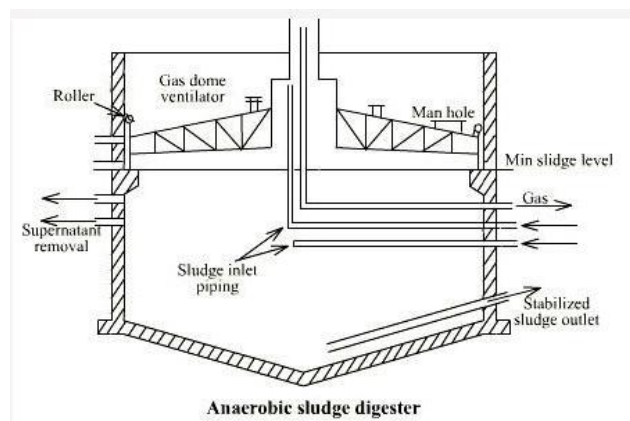


Gambar 2.8 Sludge Thickener

(Sumber: https://tse4.mm.bing.net/th/id/OIP.B_H7b6anzP_1TnXccYb2MQHaEg?cb=ucfimg2ucfimg=1&rs=1&pid=ImgDetMain&o=7&rm=3)

3. 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 2.9 Sludge Digester

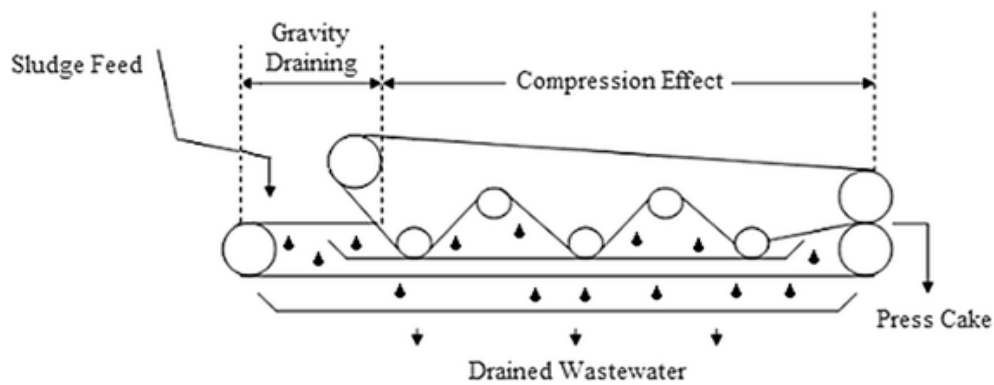
Sumber : <https://i.imgur.com/lbMS70Y.jpg>

4. Belt Filter Press

Sebagian besar dari jenis *Belt-Filter Press*, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Dibeberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan pergeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan *Scraper blade* Sistem operasi jenis belt filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), *belt-filter press*, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (*compressor*,

pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari *belt-filter press*, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Belt filter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasi yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meningkatkan konsentrasi padatan lumpur.



Gambar 2.10 Belt Filter Press

Sumber: <https://yuanadam.co.id/wp-content/uploads/2023/01/Prinsip-Kerja-Belt-Filter-Press-1024x683.jpg>

2.4 Persen Removal

Tabel 2.6 Persen Removal Industri Gula

Unit Pengolahan	Parameter	Kemampuan Penyisihan	Sumber
<i>Pre-Treatment</i>			
Saluran Pembawa	-	-	-
Screen	-	-	-

Grease Trap	-	70%	Sumber : Morel &Diener (2006) “Greywater Management in low and middle income countries, hal 22)
Bak Penampung	-	-	-
<i>Primary Treatment</i>			
Netralisasi	H ₂ S	70-100%	Cash et al.,2017
Prasedimentasi	TSS	50-70%	Sumber : Syed R. Qasim. 1999. WWTP Planning, Design, and Operation)
<i>Secondary Treatment</i>			
Activated Sludge	BOD	85% - 90%	<i>Cavaseno, Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering, page 15</i>
	COD	55%-95%	

<i>Clarifier</i>	<i>TSS</i>	<i>60-80%</i>	<i>Huisman, L.(1977). Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration. Page 12</i>
------------------	------------	---------------	--

2.5 Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “hidrolik grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen effluen) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut:

1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan.
2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut:
 - a. Kehilangan tekanan pada perpipaan
 - b. Kehilangan tekanan pada aksesoris
 - c. Kehilangan tekanan pada pompa
 - d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
3. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses

pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake
- d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.

2.6 BOQ dan RAB

2.6.1 RAB (Rancangan Anggaran Biaya)

RAB adalah daftar harga atau perhitungan rincian biaya yang kita anggarkan untuk pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Mencakup keseluruhan biaya yang kita perlukan untuk pengadaan bahan, biaya alat maupun biaya/upah tenaga kerja. RAB dapat meliputi seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah proyek, atau hanya meliputi 1 sub pekerjaan saja. Misalnya RAB sub pekerjaan konstruksi baja, RAB sub pekerjaan instalasi listrik, dan seterusnya. Karakteristik RAB:

1. Dalam RAB telah tercantum seluruh item pekerjaan, volume serta harga satuan pekerjaan,
2. Item pekerjaan, volume dan harga satuan yang ada dalam RAB sifatnya mengikat. Artinya tidak dapat berubah (bertambah atau berkurang) kemudian hari,
3. RAB oleh masing-masing peserta lelang (kontraktor), sehingga volume dan harga satuan pekerjaan pasti berbeda.
4. Tujuan membuat RAB adalah:
 - a. Pada proyek berskala kecil yang tidak menggunakan jasa konsultan perencanaan, misalnya pembangunan rumah tinggal. Kontraktor selalu melakukan perhitungan RAB untuk diajukan kepada owner. Sementara kasus yang sedikit berbeda, jika kontraktor ingin nge-sub salah satu

pekerjaan dari maincont. Walaupun sebenarnya maincont memiliki BOQ, namun tak jarang kontraktor harus melakukan perhitungan RAB.

- b. Ketika maincont menyatakan agar subcont melakukan perhitungan RAB, maka secara otomatis BOQ yang disusun oleh konsultan perencana tidak berlaku. Dengan kata lain BOQ tersebut menjadi rahasia oleh maincont, yang tidak perlu diketahui oleh subcont. Berdasarkan situasi seperti ini, maka tujuan melakukan penyusunan RAB adalah:
 1. Untuk keperluan pengajuan penawaran harga dengan sistem lump sum,
 2. Sebagai dasar melaksanakan saat klarifikasi dan negosiasi harga,
 3. Pedoman untuk pelaksanaan proyek bilamana kontraktor ternyata menang tender.

2.6.2 BOQ (Bill of Quantity)

BOQ (daftar kuantitas), adalah perincian seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah pekerjaan konstruksi. Yang terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan MEP (Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing), pekerjaan utilitas, lanskap dan sebagainya.

Karakteristik BOQ:

1. Dalam BOQ masing-masing item pekerjaan telah tercantum beserta volume
2. Tidak menutup kemungkinan item dan volume pekerjaan tersebut dapat bertambah atau berkurang kemudian hari, yaitu pada saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Dalam BOQ tidak tercantum harga satuan pekerjaan,
4. Menghitung volume BOQ berdasarkan gambar rencana,
5. Pihak yang menyusun BOQ adalah konsultan perencana.
6. Tujuan membuat BOQ adalah:
 - a. Sebagai perhitungan awal, untuk mengetahui jumlah biaya yang harus disiapkan oleh Owner untuk pelaksanaan proyek,
 - b. Untuk keperluan pelaksanaan proses tender (lelang) proyek,