

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Limbah Pabrik Gula

Limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan, limbah yang dihasilkan dari proses produksi di setiap industri dapat sama maupun berbeda-beda tergantung pada jenis industri tersebut. Jenis limbah dapat diketahui berdasarkan sumber dimana timbulan berasal, kemudian limbah akan dikelompokkan sesuai dengan karakteristik pencemarannya. (Lestari, 2006)

Limbah yang dihasilkan pada Pabrik Gula secara umum dapat berupa limbah cair, limbah padat, limbah udara, dan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dapat berpotensi mencemari lingkungan dan mengganggu kelestarian lingkungan hidup. Beberapa limbah yang dihasilkan dapat digolongkan sebagai berikut ; (Misran, 2005)

- a. Produk samping yang berasal dari proses pengolahan bahan baku Tebu berupa ampas tebu, blotong, abu ketel, pucuk tebu, tetes tebu (molase).
- b. Limbah Cair berasal dari penggunaan air dalam proses produksi yang mengandung zat tersuspensi, dan kandungan kimia di dalamnya seperti air bekas pendingin atau air kondensasi serta limbah cair domestik.
- c. Limbah udara merupakan gas buang yang berasal dari cerobong *boiler* dan mesin diesel.
- d. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun seperti Oli bekas, bahan pelumas dan minyak, lampu bekas, aki bekas, cartridge, kemasan terkontaminasi dan filter oil

2.2 Produksi Bersih

Produksi Bersih merupakan strategi untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan secara bersamaan mengurangi konsumsi sumber daya. Fokus utamanya yakni meminimalkan imput seperti sumber daya, bahan, modal dan energi dengan memaksimalkan *output* (pendapatan perusahaan). (ILO, 2013)

Produksi bersih mengedepankan pencegahan, minimalisasi limbah yang keluar dari proses industri dengan meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya efisiensi, pemakaian ulang dan daur ulang limbah untuk penggunaan produktif maupun penghematan biaya, energi bersih (meminimalkan polusi) dan meningkatkan efisiensi dengan memaksimalkan produksi input energi. (ILO, 2013)

Prinsip-prinsip pokok produksi bersih prinsip-prinsip pokok dalam strategi produksi bersih dalam Kebijakan Nasional Produksi Bersih dituangkan dalam 5R (*Rethink, Reuse, Reduction, Recovery, dan Recycle*). *Elimination* (pencegahan) adalah upaya untuk mencegah timbulan limbah langsung dari sumbernya, mulai dari bahan baku, proses produksi sampai produk. (ILO, 2013)

1. *Rethink* (berpikir ulang), adalah suatu konsep pemiklanan yang harus dimiliki pada saat awal kegiatan akan beroperasi, dengan implikasi :
 - Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik pada proses maupun produk yang dihasilkan, sehingga harus dipahami betul analisis daur hidup produk.
 - Upaya produksi bersih tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak terkait pemerintah, masyarakat maupun kalangan usaha.
2. *Reduce* (pengurangan) adalah upaya untuk menurunkan atau mengurangi timbulan limbah pada sumbernya.
3. *Reuse* (pakai ulang / penggunaan kembali) adalah upaya yang memungkinkan suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa perlakuan fisika, kimia atau biologi.
4. *Recycle* (daur ulang) adalah upaya mendaur ulang limbah untuk memanfaatkan limbah kembali ke proses semula melalui perlakuan fisika, kimia, dan biologi.
5. *Recovery / Reclaim* (pungut ulang) adalah upaya mengambil bahan – bahan yang masih mempunyai nilai ekonomi tinggi dari suatu limbah,

kemudian dikembalikan ke dalam proses produksi dengan atau tanpa perlakuan fisika, kimia, dan biologi.

Strategi lingkungan yang tepat biasanya membutuhkan berbagai pendekatan termasuk dalam hal teknik, seperti teknologi konvensional *End of Pipe*, penggunaan teknologi untuk mengolah limbah sebelum dibuang ke lingkungan sehingga meminimisir dampak pencemaran. (Paramitadevi, 2017)

Pengelolaan lingkungan dapat ditetapkan dengan kebijakan rencana pengelolaan lingkungan yang detail, sebagai cara untuk memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara optimal sehingga pengelolaan lingkungan dapat tercapai. (ILO, 2013)

2.3 Limbah Cair

Air limbah secara garis besar berdasarkan sumbernya dapat berasal dari kegiatan domestik dan proses produksi dari sebuah industri.

2.3.1 Limbah cair domestik

Limbah cair domestik dapat dibagi menjadi dua yakni air limbah yang dihasilkan dari toilet seperti tinja serta air kencing dan air limbah yang berasal dari kamar mandi misalnya, air cucian, air dari dapur, air buangan wastafel, atau *floor drain*. Sedangkan, air limbah industri bervariasi tergantung pada jenis industri, untuk mengetahui sumber pencemar dan jumlah beban pencemar dapat dilakukan melalui pengukuran secara langsung maupun diperkirakan berdasarkan pada jenis industri yang sama. (Said, 2016)

2.3.2 Limbah Cair Industri

Limbah cair industri sangat bervariasi bergantung dari jenis industrinya. Untuk mengetahui jumlah serta beban polutan yang ada di air limbah industri dapat dilakukan dengan cara pengukuran langsung atau dapat juga diperkirakan berdasarkan industri sejenis.

Dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah digunakan untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan sehingga aman dibuang ke

badan lingkungan dan memenuhi izin lingkungan maupun peraturan yang berlaku bagi perusahaan. (Said, 2016)

2.4 Karakteristik Air Limbah

Sifat karakteristik limbah tidak lepas dari kandungan zat dan proses dimana ia berasal, beberapa parameter kimia ditetapkan sebagai indikator untuk mengetahui komponen polutan dalam limbah yang dapat mengakibatkan pencemaran, Secara sebagian besar limbah cair industri gula meliputi:

- BOD₅

BOD merupakan uji pengukuran karbon organik yang dapat didegradasi atau disisihkan secara biologis dalam kondisi tertentu. Pengukuran BOD₅ menunjukkan bahwa oksigen yang dibutuhkan atau dikonsumsi oleh mikrobiologi sel untuk mendegradasi bahan organik dalam air limbah untuk respirasi bakteri dalam air limbah. (W. Eckenfelder, 2000)

Jika tersedia cukup oksigen dalam air limbah maka dekomposisi kandungan organik dalam air limbah dapat berlanjut dan kandungan dalam air limbah dapat didegradasi oleh sel mikroba secara aerobik. Beberapa zat dalam air limbah dikonversi menjadi sel baru dengan menggunakan sebagian energi yang dihasilkan selama oksidasi, ketika kandungan organik sudah habis. Pemeriksaan BOD₅ diperlukan untuk menentukan beban pencemaran air limbah dan digunakan untuk mendesain sistem pengolahan limbah biologis. (Metcalf and Eddy, 2003)

- COD

COD merupakan pengukuran total karbon organik dengan pengecualian terhadap senyawa aromatik seperti benzena, dimana senyawa tersebut tidak teroksidasi sama sekali pada reaksi COD.

Uji COD merupakan reaksi kimia oksidasi dan reduksi, sehingga kandungan dalam air limbah dapat berkurang seperti sulfida, sulfat, logam besi dinyatakan sebagai angka COD yang menunjukkan kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi kandungan zat pencemar air limbah yang dapat

teroksidasi secara kimia, hal ini menunjukkan adanya beberapa kandungan zat kimia dalam air limbah. (W. Eckenfelder, 2000)

- TSS

Limbah pada umumnya mengandung padatan yang bervariasi baik berupa padatan tersuspensi yang berbentuk koloid maupun padatan terlarut dalam air. TSS dapat didefinisikan sebagai padatan dalam air yang terperangkap oleh filter. Untuk mengukur TSS sampel air disaring melalui filter pra – ditimbang, residu yang ditahan pada filter dikeringkan dalam oven pada suhu 103 – 105°C sampai berat filter tidak lagi berubah, dimana pori – pori kertas saring memiliki ukuran sekitar 1,58 μm .

TSS merupakan parameter universal yang digunakan untuk standar *effluent* (bersama dengan BOD) yang mana hasil dari pengolahan digunakan untuk proses pengontrolan (Metcalf & Eddy, 2003).

- Minyak dan lemak

Minyak / Lemak merupakan zat yang sulit larut dalam air, lemak dapat berwujud *solid* maupun *semi – solid* pada suhu tertentu serta memiliki massa jenis yang lebih ringan daripada air, sedangkan minyak dalam bentuk cair, zat ini memiliki komponen rantai hidrokarbon dengan struktur kimia yang panjang, beberapa membentuk ikatan ion pada ujung rantai hidrokarbon, misalnya $-\text{COOH}$. Struktur zat ini membentuk lapisan pada permukaan air yang sulit larut dalam air atau berwujud emulsi.

Satu liter minyak dapat mengkontaminasi satu juta liter air, polutan minyak dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem lingkungan pada air, minyak tersebut akan menutupi permukaan perairan dengan membentuk lapisan tipis dan menutupi cahaya matahari ke dalam perairan sehingga kadar oksigen dalam perairan akan berkurang, hal ini disebabkan karena alga maupun fitoplankton yang berada dalam perairan tidak dapat melakukan proses fotosintesis sebagaimana mestinya. (*Oil Care Campaign*, 2015)

- Sulfida

Sulfida adalah anion anorganik sulfur dengan rumus kimia S^{2-} atau senyawa yang mengandung satu atau lebih ion S^{2-} . Sulfida adalah anion sulfur

paling sederhana, banyak logam sulfida tidak larut dalam air memiliki sifat tidak terlalu beracun, sedangkan hidrogen sulfida adalah gas yang beracun dan korosif, dapat ditandai dengan bau khas mirip “telur busuk”, sejumlah sulfida dalam air dapat membunuh tanaman maupun ikan. (Flagan, 1988)

- pH

pH atau singkatan dari *Power of Hydrogen* adalah ukuran konsentrasi ion hidrogen (H^+) Larutan dapat dikatakan sangat asam jika memiliki ion H^+ dengan konsentrasi tinggi dan bisa dikatakan sangat basa jika memiliki ion OH^- dengan konsentrasi tinggi. Skala pH berkisar 0 – 14 dengan nilai pH 7 dianggap sebagai nilai netral. (Qasim, 1999)

pH air sangat penting untuk reaksi kimia yang terjadi di dalam air, dan nilai pH yang terlalu tinggi atau rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, nilai pH rendah digunakan sebagai dasar bahwa tingkat konsentrasi H^+ tinggi maka dikatakan sebagai asam, sedangkan nilai pH besar dikatakan basa karena memiliki konsentrasi OH^- yang tinggi.

pH yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat membunuh sel makhluk hidup. (Qasim, 1999)

2.5 Baku Mutu

Pembuangan limbah cair industri gula harus mengikuti baku mutu dalam peraturan pemerintah pusat dan daerah antara lain sebagai berikut :

- Baku mutu air limbah menurut peraturan pusat PERMEN LH No. 5 Tahun 2014

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Gula

Parameter	Kadar paling tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (g/ton)			
		Air Limbah Proses	air limbah kondensor	air limbah abu ketel	air limbah gabungan
BOD ₅	60	30	300	30	360
COD	100	50	500	50	600
TSS	50	25	250	25	300
Minyak dan Lemak	5	2,5	25	2,5	30
Sulfida (sebagai S)	0,5	0,25	2,5	0,25	3
pH	6,0 – 9,0				
kuantitas limbah paling tinggi	Air Limbah Proses : 0,5 m ³ per ton tebu yang diolah Air Limbah Kondensor : 5 m ³ per ton tebu yang diolah Air Limbah Abu Ketel : 0,5 m ³ per ton tebu yang diolah Air Limbah gabungan : 6 m ³ per ton tebu yang diolah				

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

- Baku mutu air limbah menurut peraturan daerah PERGUB JATIM No 52 Tahun 2014

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Gula Kapasitas 2.500-10.000 Ton Tebu

B. BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI INDUSTRI GULA DENGAN KAPASITAS ANTARA 2.500 SAMPAI DENGAN 10.000 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	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 M ³ per ton tebu yang diolah		5 M ³ per ton tebu yang diolah		0,5 M ³ per ton tebu yang diolah		1,5 M ³ per ton tebu yang diolah	

(Sumber : PERGUB JATIM No. 52 TAHUN 2014)

2.6 Pengolahan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair bertujuan untuk menghilangkan parameter-parameter pencemar yang ada di dalam air limbah sampai batas yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air sesuai baku mutu yang telah ditetapkan. (Said, 2016)

Secara garis besar dapat dibagi menjadi, pemisahan padatan tersuspensi, pemisahan senyawa *koloid*, serta penyisihan senyawa polutan terlarut. Ditinjau dari prosesnya dapat dikelompokkan menjadi pengolahan pendahuluan (*preliminary treatment*), pengolahan primer, (*primary treatment*), pengolahan sekunder (*secondary treatment*), dan pengolahan tersier atau pengolahan lanjut serta pengolahan lumpur. (Spellman, 2003)

2.6.1 Pengolahan Pendahuluan (*Preliminary Treatment*)

Pengolahan pendahuluan diperlukan untuk mempermudah pengolahan air limbah menjadi dapat diterima pada unit pengolahan selanjutnya (Reynold), pengolahan pendahuluan menghilangkan bahan-bahan yang dapat merusak peralatan pabrik tanpa adanya penyisihan komponen atau zat yang terkandung air limbah. (Spellman, 2003)

Unit pada preliminary antara lain adalah sebagai berikut:

- A. Saluran Pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolah air limbah lainnya. Saluran pembawa memiliki dua bentuk yaitu persegi dan lingkaran. Dan disetiap 10 meter saluran pembawa terdapat bak kontrol yang akan mengontrol debit yang dikeluarkan. Air tidak akan mengalir jika saluran tersebut datar, maka di butuhkan kemiringan atau elevasi.
- B. *Screen* dan Pintu Air Unit pengolahan pertama yang biasa digunakan pada proses pengolahan air buangan adalah *screen*. *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, 2004).

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, dan kontaminasi pada aliran air.

Berikut contoh *screen* manual dan mekanik:



Gambar 2.1 Bar Screen Manual dan Mekanik

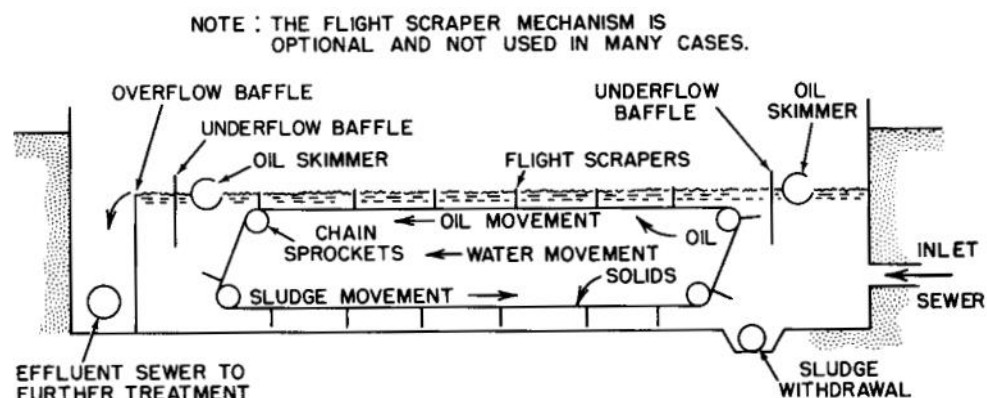
- C. Bak penampung merupakan unit penyeimbang, sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Bak penampung berfungsi menampung air limbah sebelum diolah di unit pengolahan selanjutnya. Bak penampung berbentuk persegi panjang dengan panjang, lebar, dan kedalaman tertentu.

2.6.2 Pengolahan Primer

Pengolahan primer berfokus pada penyisihan sejumlah kandungan padatan tersuspensi di dalam air limbah. Padatan yang terkumpulkan harus diolah pada sebagian besar kasus, diikuti dengan pembuangan yang layak. Pada pengolahan limbah industri dan domestik pengolahan primer meliputi, *grit removal*, ekualisasi aliran, ekualisasi kualitas air limbah, dan netralisasi jika diperlukan. (Reynold, 1996)

A. Grease Trap (Flotasi)

Flotasi adalah unit operasi yang meremoval partikel padat atau cair yang ada pada air (seperti minyak). Menambahkan gas (biasanya udara) pada sistem sebagai fasilitas pemisahan minyak tersebut. Berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel suspensi, seperti minyak, lemak, dan bahan-bahan apung lainnya yang terdapat dalam air limbah dengan mekanisme pengapungan. (Qasyim, 1999).



Gambar 2.2 Bak Pemisah Minyak

Sumber : Qasyim, 1999. Wastewater Treatment Plant : Planning, Design and Operation

B. Ekualisasi Aliran

Ekualisasi aliran bukanlah proses pengolahan tetapi teknik yang meningkatkan efektivitas proses pengolahan air limbah sekunder dan lanjutan. *Output* air ekualisasi aliran yakni suhu, debit aliran, tingkat polutan, dalam jangka waktu tertentu.

Perlunya pemerataan aliran limbah didasarkan pada efek potensial limbah terhadap fasilitas pengolahan, efek ini ditentukan oleh komponen utama berikut : (Reynold, 1996)

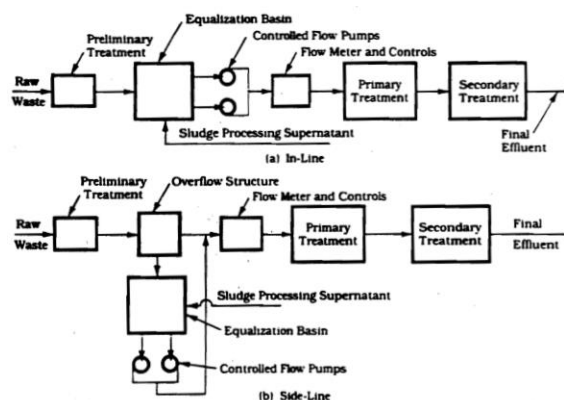
- Variabilitas parameter operasi yang akan disamakan (termasuk toksisitas)
- Volume aliran yang akan dikeluarkan, dalam mendefinisikan kebutuhan akan penyamaan aliran memperhatikan aliran yang efektif dan penghematan biaya dengan mengurangi efek pada peralatan hilir.

Ekualisasi aliran mengatur rata-rata aliran dan fluktuasi volume yang dibutuhkan pada pengolahan selanjutnya untuk per jam maupun per hari. (Reynold, 1996)

C. Ekualisasi Kualitas Air Limbah

Ekualisasi kualitas air limbah terdiri atas penggunaan bak ekualisasi konstan yang berada di depan instalasi pengolahan limbah industri untuk meredam variasi konsentrasi BOD, COD, TSS dan paramter lainnya, sepanjang hari, biasanya bak ekualisasi digunakan ketika variasi konsentrasi organik dari 4 jam sampel melebihi 4:1.

Penggunaan ekualisasi kualitas air limbah tidak hanya meningkatkan performan instalasi tapi juga akan memberikan pengolahan menjadi lebih baik. (Reynold, 1996)



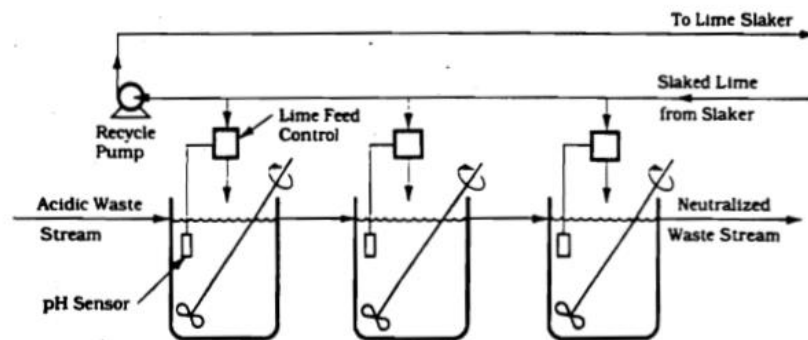
Gambar 2.3 Bak Ekualisasi

Sumber : Reynold, 1982. Unit Operations And Processes In Environmental Engineering

D. Netralisasi

Sering air limbah industri bersifat asam sehingga bak netralisasi diperlukan untuk menetralkan pH air limbah pada pengolahan berikutnya, jika pengolahan hilir ada proses biologis maka air limbah harus dikondisikan 6,5-9 untuk menghindari penghambatan pertumbuhan mikroorganisme.

Kadang-kadang penggunaan limbah dasar dicampurkan dengan aliran limbah asam digunakan pada bak ekualisasi level konstan sebagai netralisasi. (Reynold, 1996)



Gambar 2.4 Skema Netralisasi

Sumber : Reynold, 1982. Unit Operations And Processes In Environmental Engineering

2.6.3 Pengolahan Sekunder

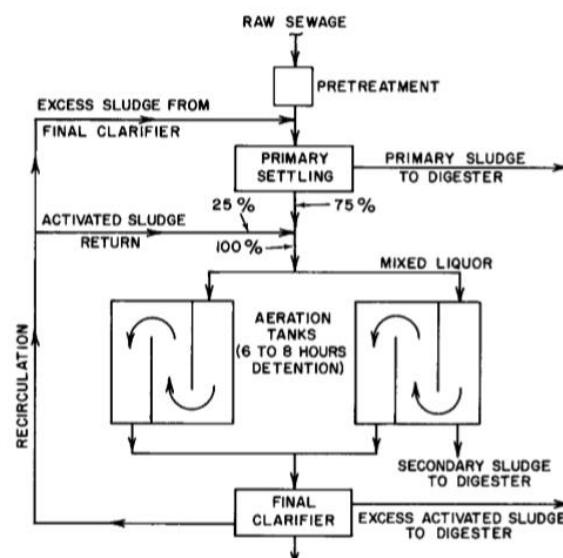
Pengolahan sekunder merupakan pengolahan untuk menghilangkan kandungan BOD dan zat tersuspensi maupun terlarut serta bahan *koloid* dalam air limbah melalui pemanfaatan aktivitas biologis organik mikroorganisme, dikonversi menjadi karbondioksida dan sel baru. Pengolahan sekunder meliputi *Tricking filters*, *RBC (Rotating Biological Contactors)*, *Activated Sludge*, Aerasi berlanjut, dan Kolam atau Lagoon. (Spellman, 2003)

1. *Activated Sludge*

Proses lumpur aktif merupakan proses mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO_2 dan H_2O , sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi. Pada sistem konvensional terdiri dari tangki aerasi, *secondary clarifier* dan *recycle sludge*. Selama berlangsungnya proses terjadi absorpsi, flokulasi, dan oksidasi bahan organik.

Pengolahan lumpur aktif (*Activated Sludge*) Untuk mengubah buangan organik menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi demetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO_2 dan H_2O , sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi. Adapun proses didalam *Activated Sludge*, yaitu:

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



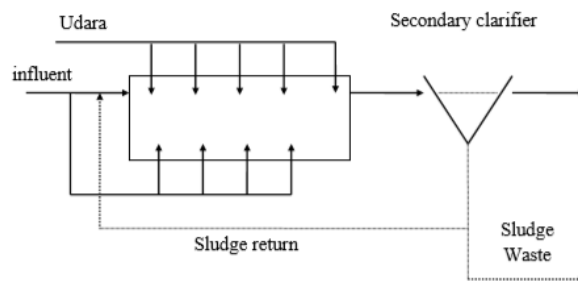
Gambar 2.5 Diagram Lumpur Aktif Konvensional

Sumber : Qasim, 1985. Wastewater Treatment Plant : Planning, Design, And Operation

b. Non konvensional

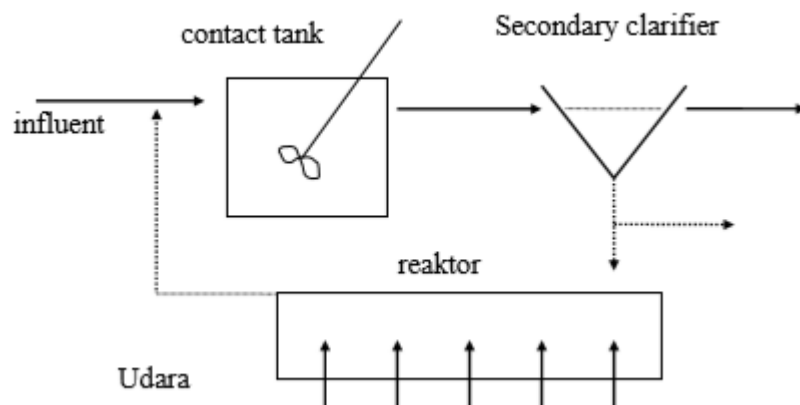
- *Step aerasi*

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



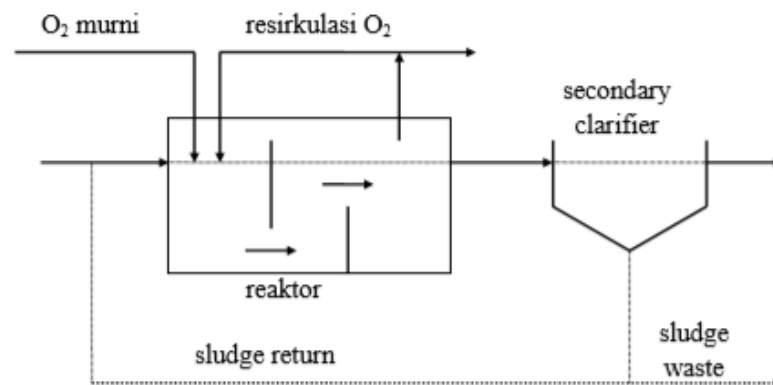
Gambar 2.6 Step Aeration

- Tapered Aerasi, hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara titik awal lebih tinggi.
- Kontak Stabilisasi, pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu :
 - *Contact tank* yang berfungsi untuk menyerap bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
 - *Reaeration tank* yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengabsorb (proses stabilasi).



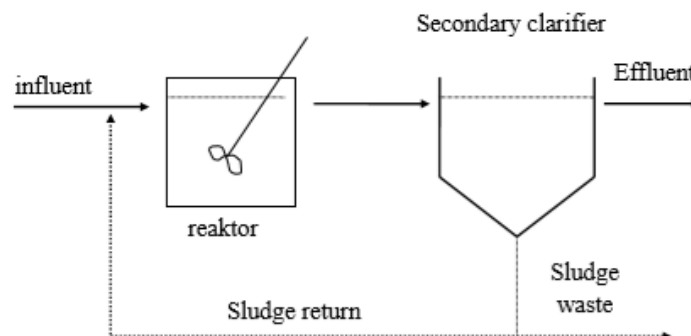
Gambar 2.7 Kontak Stabilisasi

- *Pure Oxygen*, Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta *volumetric loading* tinggi dan waktu tinggal pendek.



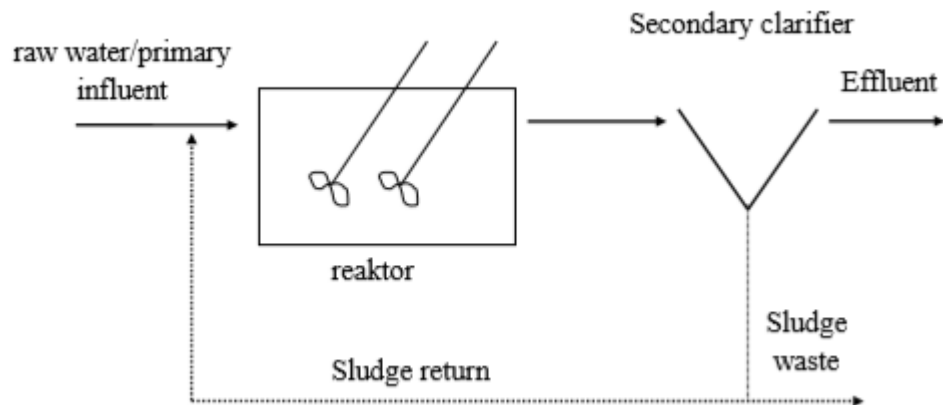
Gambar 2.8 *Pure Oxygen*

- *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.



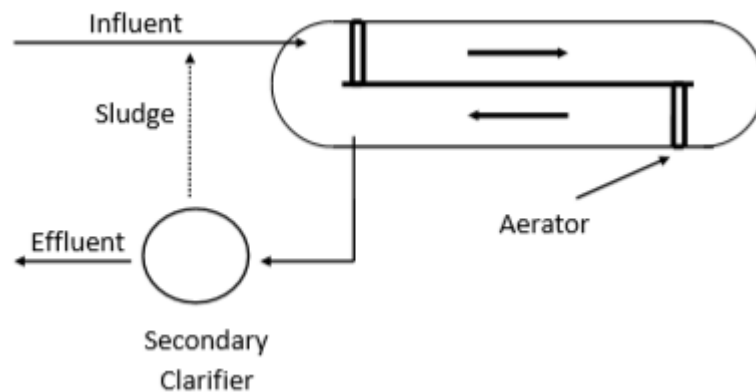
Gambar 2.9 *High Rate Aeration*

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



Gambar 2.10 *Extended Aeration*

- *Oxidation Ditch*, Berbentuk oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s.



Gambar 2.11 *Oxidation Ditch*

Adapun parameter penting untuk desain activated sludge adalah :

- F / M ratio 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.
- Rasio resirkulasi (R) Merupakan perbandingan antara debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi terhadap debit air yang diolah.

2. Pengolahan dengan *Biofilm* macam-macam pengolahan dengan menggunakan *biofilm* :

a. *Trickling filter*

Trickling filter menurunkan beban organik yang terdapat dalam air buangan dengan cara mengalirkannya pada media yang permukaannya diselimuti oleh lumpur aktif sebagai biological film. Filter yang digunakan batua-batuan, pasir, granit dan lain-lain dalam berbagai ukuran mulai dari diameter 3/4 in sampai dengan diameter 2,5 in. Proses yang terjadi adalah proses biologis yang memerlukan oksigen (aerobik).

Cara kerja *Trickling filter* :

Air limbah dari pengolahan primer dialirkan masuk melalui pipa yang berputar diatas suatu lahan dengan media filter, beban organik yang ada dalam limbah disemprotkan diatas media, dan diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan organik sebagai substrat yang terlarut dalam air limbah di absorpsi dalam biofilm antar lapisan berlendir.

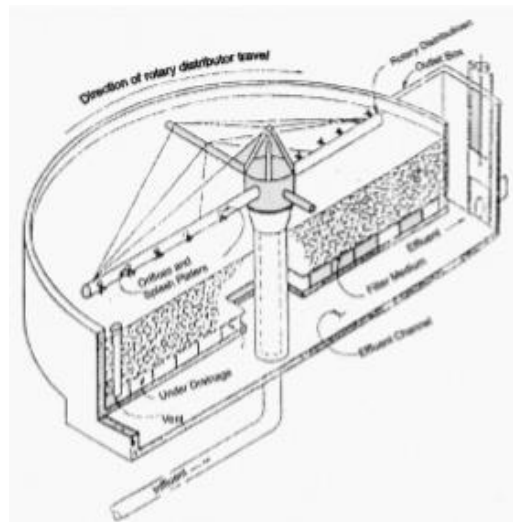
Pada lapisan bagian luar biofilm, bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme aerobik. Pertumbuhan mikroorganisme mempertebal lapisan biofilm, oksigen yang terdifusi dapat dikonsumsi sebelum biofilm mencapai ketebalan maksimum. Pada saat mencapai ketebalan penuh maka oksigen tidak dapat mencapai penetrasi secara penuh, sehingga pada bagian dalam atau pada permukaan media akan berad pada kondisi anaerobik.

Pada saat lapisan biofilm mengalami penambahan ketebalan , dan bahan organik yang diabsorpsi dapat diuraikan oleh mikroorganisme namun tidak mencapai mikroorganisme yang berada pada permukaan media. Dengan kata lain tidak tersedia bahan organik untuk sel karbon pada bagian permukaan media, sehingga mikroorganisme sekitar permukaan media mengalami fase endogenous atau kematian.

Pada akhirnya mikroorganisme sebagai biofilm tersebut akan lepas dari media, cairan yang masuk akan ikut melepas atau mencuci dan mendorong biofilm keluar setelah itu lapisan biofilm baru akan segera tumbuh. Fenomena

lepasnya biofilm dari media tersebut disebut sloughing dan hal ini fungsi dari beban organik dan beban hidrolik pada *trickling filter* tersebut.

Air limbah didistribusikan pada bagaian atas dengan satu lengan distributor yang dapat berputar. Filter juga dilengkapi dengan underdrain untuk mengumpulkan biofilm yang mati untuk kemudian diendapkan dalam bak sedimentasi. Bagaian cairan yang keluar biasanya dikembalikan lagi ke *trickling filter* sebagai air pengencer air baku yang diolah.



Gambar 2.12 Tricking Filter

Sumber: Djoko B.M. Teknik Pengolahan Air Limbah secara Biologis, hal 75 – 78

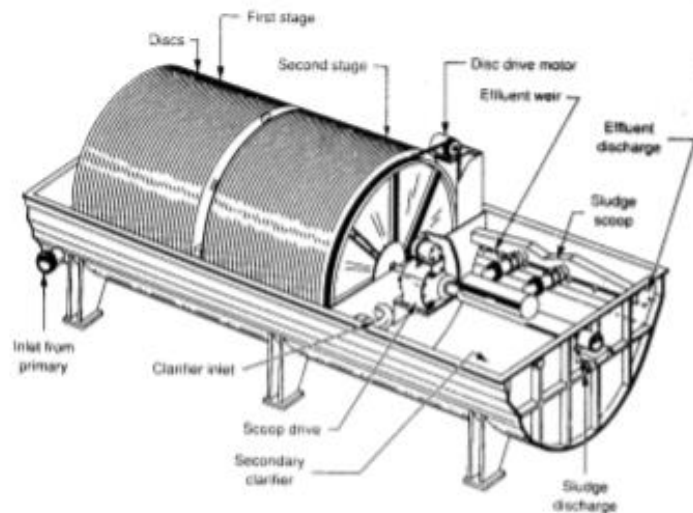
c. *Rotating Biological Contactor* (RBC)

RBC menurunkan biomassa sebelum diendapkan pada bak pengendap dengan cara yaitu RBC yang terdiri dari suatu piringan seri berbentuk lingkaran yang terbuat dari bahan PVC, disusun secara vertikal dengan menghubungkan satu sama lain dengan satu sumbu, sehingga piringan tersebut dapat berputar. Sebagian piringan tersebut tercelup dalam air limbah yang diolah dimana akan tumbuh biofilm dan menempel pada permukaan piringan dalam bentuk lendir.

Pada saat berputar bagian piringan yang tercelup air akan menguraikan zat organik yang terlarut dalam air, sedangkan pada saat kontak dengan udara, biomassa akan mengabsorpsi oksigen sehingga tercapai kondisi aerobik dan biomassa yang berlebihan akan terbawa keluar.

Keuntungan RBC :

- 1) Waktu kontak yang tidak terlalu lama, biasanya kurang lebih 1 jam karena luas permukaan besar.
- 2) Dapat mengolah air limbah pada kisaran kapasitas yang besar, lebih dari 1000 gal/hari sampai kurang lebih 100.000 gal/hari.
- 3) Tidak diperlukan recycle.
- 4) Biomassa yang terlepas (sloughing) mudah dipisahkan dari air yang sudah diolah.
- 5) Biaya operasi cukup murah karena tidak diperlukan keahlian khusus untuk operatornya



Gambar 2.13 *Rotating Biological Contactor*

Sumber : Djoko B. M, Teknik Pengolahan Limbah Industri, hal 84-86

3. Pengolahan dengan Kolam Aerobik

a. *Aerobic Lagoon*

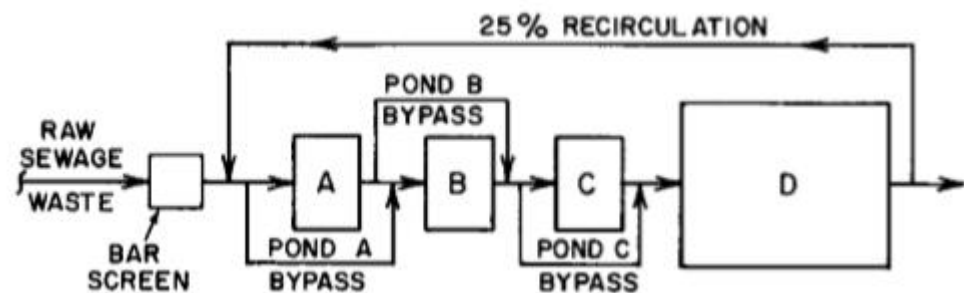
Aerobic Lagoon adalah salah satu bentuk pengolahan biologis yang sederhana. Kolam stabilisasi secara biologis akan membutuhkan area yang luas dengan kedalaman yang dangkal. Dengan kolam semacam ini maka kondisi aerobik akan terpelihara dengan adanya alga dan bakteri.

Kolam stabilisasi secara aerobik mengandung bakteri dan *algae* dalam kondisi aerobik disepanjang kedalaman. Ada dua tipe pengolahan

Aerobic Lagoon, yaitu tipe *high rate* yaitu dengan memaksimalkan produksi *algae*, pada kedalaman *lagoon* sekitar 15 – 45 cm.

Tipe yang kedua biasanya disebut sebagai *oksidation* atau *stabilisation lagoon*, dengan cara memaksimalkan konsentrasi oksigen yang dihasilkan, kedalaman *lagoon* sampai 1,5m. Untuk mencapai hasil terbaik, *lagoon* diaduk secara periodik dengan pompa atau *surface aeration*.

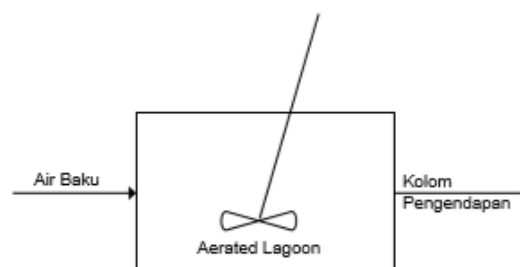
Prinsip pengolahan ini adalah, bahan organik yang terlarut dalam air dioksidasi oleh bakteri aerobik dan fakultatif dengan menggunakan oksigen yang dihasilkan oleh *algae* yang tumbuh disekitar permukaan air.



Gambar 2.14 Aerobic Lagoon

b. *Aerated Lagoon*

Aerated lagoon merupakan pengembangan dari *Aerobic Lagoon* yaitu dengan memasang *surface aerator* untuk mengatasi bau dan beban organik yang tinggi. Pada proses *aerated lagoon* pada prinsipnya sama dengan *extended aeration* pada proses lumpur aktif, perbedaannya terletak pada kedalaman air yang dangkal dan oksigen diperoleh dari *surface aerator* atau *diffuser aerator*. Dalam *aerated lagoon* semua zat padat dipertahankan dalam keadaan tersuspensi.



Gambar 2.15 Aerated Lagoon

Pada sistem ini tanpa dilakukan dan biasanya diikuti dengan kolam pengendapan yang besar.

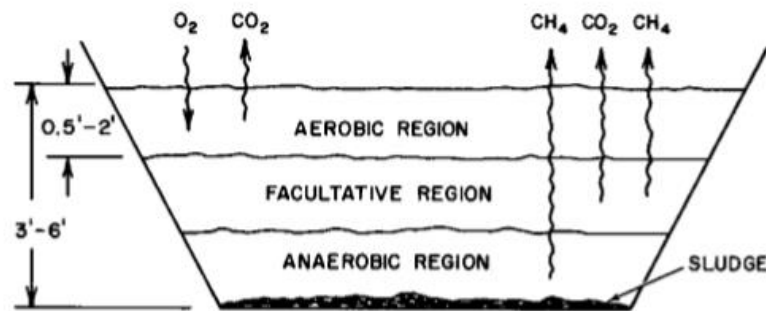
c. Kolam Fakultatif

Kolam fakultatif merupakan kolam dengan kedalaman 1 – 2,5 meter. Pada kolam ini kedalaman air terbagi menjadi tiga zona yaitu zona aerobik di bagian atas, zona fakultatif di bagian tengah, dan zona anaerobik di bagian bawah atau dasar kolam. Proses penurunan BOD atau organik COD terjadi karena adanya aktivitas reaksi simbiosis antara *algae* dan bakteri.

Algae yang menempati bagian atas akan melakukan fotosintesis pada siang hari, sebagai hasilnya produksi oksigen yang cukup tinggi terjadi pada siang hari. Oksigen terlarut yang dihasilkan akan dimanfaatkan oleh bakteri aerob untuk proses penguraian zat organik dalam air buangan (sebagai BOD). Pada bagian ini terjadi proses biologi secara aerobik (*full aerobic*), dan pada bagian ini juga dimungkinkan terjadinya proses nitrifikasi. CO₂ yang dihasilkan oleh bakteri akan digunakan oleh *algae* sebagai sumber karbon pada proses fotosintesis.

Pada lapisan kedua jumlah oksigen relatif lebih sedikit. Hal ini disebabkan berkurangnya *algae* atau cahaya matahari yang masuk ke lapisan ini. Kondisi yang ada adalah antara aerobik dan anaerobik. Pada siang hari mendekati aerobik dan pada malam hari cenderung anaerobik sehingga disebut sebagai kondisi fakultatif. Bakteri yang berperan dinamakan bakteri fakultatif.

Pada lapisan di atas dasar kolam terjadi proses anaerobik atau tanpa adanya oksigen. Zat padat yang mudah mengendap atau mikro organisme yang mati akan mengendap di dasar kolam. Pada kondisi demikian terjadi dekomposisi zat organik secara anaerobik dan dihasilkan gas-gas CO₂, NH₃, H₂S, dan CH₄. Proses denitrifikasi juga dimungkinkan terjadi di zona ini.

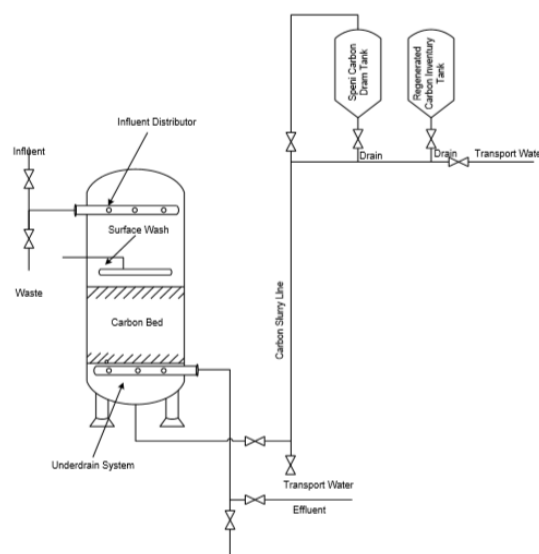


Gambar 2.16 Kolam Falkutatif

4. Pengolahan Anaerobik

a. *Fixed Bed Reactor*

Prinsip operasi dari *fixed bed reactor* adalah air limbah yang dapat menuju keatas (*up flow*) ataupun kebawah (*down flow*) melalui suatu kolam yang terisi media pendukung. Permulaan media tersebut berfungsi untuk menempel mikroba dan menangkap flok yang tidak bisa menempel. Mikroba yng menempel bertanggung jawab dalam proses stabilisasi air limbah. Pada saat awal prose perlu seeding dengan merendam media filter di dalam sptictank. Suatu saat biofilm akan menempel sehingga terjadi *clogging* oleh karena itu perlu di lakukan penggelontoran. Apabila carbon bed sudah jenuh maka carbon bed akan digantikan dengan yang baru

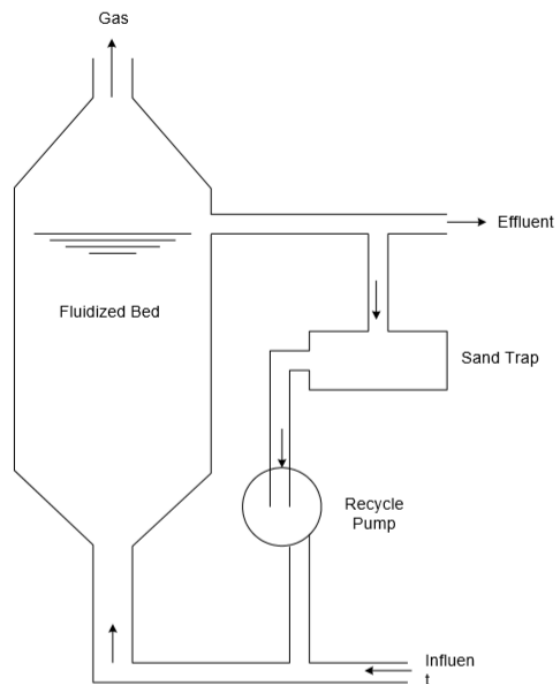


Gambar 2.17 *Fixed Bed Reactor*

b. *Fluidized Bed Reactor*

Merupakan reaktor dengan media pasir yang dialiri air limbah dengan debit tertentu. Pada reaktor ini banyak biomassa menempel pada media yang berukuran kecil sebagai biofilm. Biomassa yang menyelimuti partikel media berada pada kondisi tereksansi bergerak melayang- layang atau terfluidasi secara vertikal dengan aliran keatas (*upflow*).

Besarnya kecepatan partikel dicapai dengan mengatur besarnya tingkat resirkulasi. Ukuran dan densitas dari media merupakan penentu dari kestabilan sistem operasi dan ekonomis tidaknya reaktor. Dalam reaktor ini tidak ada injeksi oksigen sehingga reaktor dalam keadaan tertutup.



Gambar 2.18 Fluidized Bed Reaktor

c. *AnAerobic Lagoon*

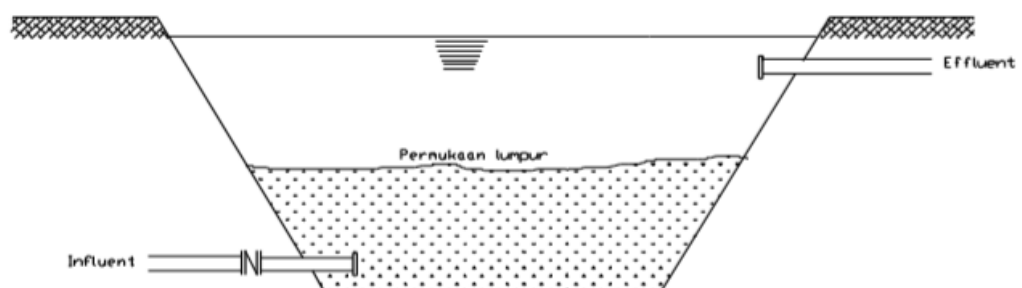
Pada *anAerobic Lagoon* kedalaman air dapat mencapai 6 meter. Kondisi anaerobik dapat dicapai dengan memberikan beban organik yang tinggi sehingga terjadi deoksigenisasi, adanya lapisan *scum* (busa) pada permukaan air kolam berguna untuk mencegah masuknya oksigen

dari atmosfer. Pada kondisi ini bahan organik akan mengalami stabilisasi yang merupakan hasil kerja bakteri anaerobik thermophilik dengan proses *digestion*.

Proses pengolahan yang terjadi analog dengan *single stage anaerobic digestion* dimana asam organik dibentuk oleh bakteri dengan memecah organik kompleks. Selanjutnya asam yang terbentuk diubah menjadi gas *methane*, gas karbon dioksida, sel dan produk lain yang stabil.

Air baku yang diolah bercampur di bagian bawah, hal ini dicapai dengan cara melakukan pemasangan pipa inlet di bagian dasar kolam menuju ke tengah kolam. Pipa *inlet* dalam keadaan terbenam pada kolam. Bahan yang mudah mengapung seperti minyak, lemak dan zat padat yang ringan akan berada di bagian permukaan air dan biasanya menutupi seluruh permukaan air. Dengan demikian panas yang dihasilkan di seluruh kedalaman kolam dapat dipertahankan. Pada tipe ini tidak diperlukan pemanasan, equalisasi, mixing, maupun sirkulasi lumpur.

Keutamaan dari pengolahan jenis adalah mempunyai kemampuan mengolah dengan beban yang tinggi serta tahan terhadap perubahan debit dan kualitas air limbah (*shock loading*). Untuk mencegah terjadinya perembesan air limbah pada dinding dan dasar kolam dapat dipasang lapisan kedap air (misal: plastik, *clay*).



Gambar 2.19 AnAerobic Lagoon

d. *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)

Pada prinsipnya reaktor UASB terdiri dari lumpur padat yang berbentuk butiran. Lumpur atau *sludge* tersebut ditempatkan dalam suatu reaktor yang didesain dengan aliran ke atas. Air limbah mengalir melalui dasar bak secara merata dan mengalir secara vertikal, sedangkan butiran *sludge* akan tetap berada atau tertahan dalam reaktor.

Karakteristik pengendapan butiran *sludge* dan karakteristik air limbah akan menentukan kecepatan *upflow* yang harus dipelihara dalam reaktor. Biasanya kecepatan aliran ke atas berada pada rentang 0,5 – 0,3 m/jam. Untuk mencapai formasi *sludge blanket* yang memuaskan, pada saat kondisi hidrolik puncak (debit puncak) kecepatan dapat mencapai antara 2 – 6 m/jam.

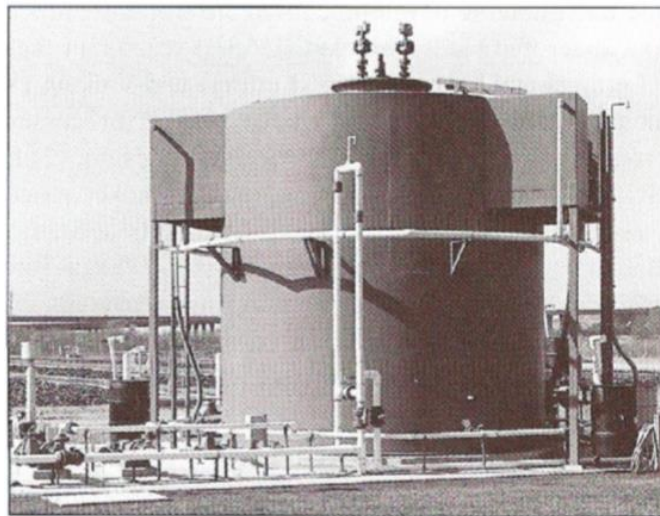
Gas yang terperangkap dalam butiran *sludge* sering mendorong *sludge* tersebut ke bagian atas reaktor, yang disebabkan oleh berkurangnya densitas butiran. Untuk itu diperlukan pemisahan butiran *sludge* di luar reaktor dan kemudian dikembalikan lagi ke dalam reaktor. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat *gas-solid-liquid separator* yang ditempatkan di bagian atas reaktor. Gas yang terbentuk dapat ditampung dalam separator tersebut dan *sludge* dikembalikan lagi ke reaktor.

Masalah yang dihadapi pada UASB terutama adalah *sludge* yang bergerak naik yang disebabkan oleh turunnya densitas *sludge*. Disamping itu juga turunnya aktivitas spesifik butiran. Beragamnya densitas *sludge* memberikan ketidak seragaman *sludge blanket* sehingga sebagai akibatnya *sludge* akan ikut keluar reaktor.

Tingginya konsentrasi *suspended solid* dan *fatty mineral* dalam air limbah juga merupakan masalah operasi yang serius. *Suspended solid* dapat menyebabkan penyumbatan (*clogging*) atau *channeling*. Adsorpsi *suspended solid* pada *sludge* juga akan mempengaruhi proses dan air limbah yang mengandung protein atau lemak menyebabkan pembentukan busa.

Keuntungan :

- a. Kebutuhan energi rendah
- b. Kebutuhan lahan sedikit
- c. Biogas berguna
- d. Kebutuhan nutrien sedikit
- e. Sludge mudah diolah/dikeringkan
- f. Tidak mengeluarkan bau dan kebisingan
- g. Mempunyai kemampuan terhadap fluktuasi dan *intermitten load*



Gambar 2.20 Upflow Anaerobik Sludge Blanket

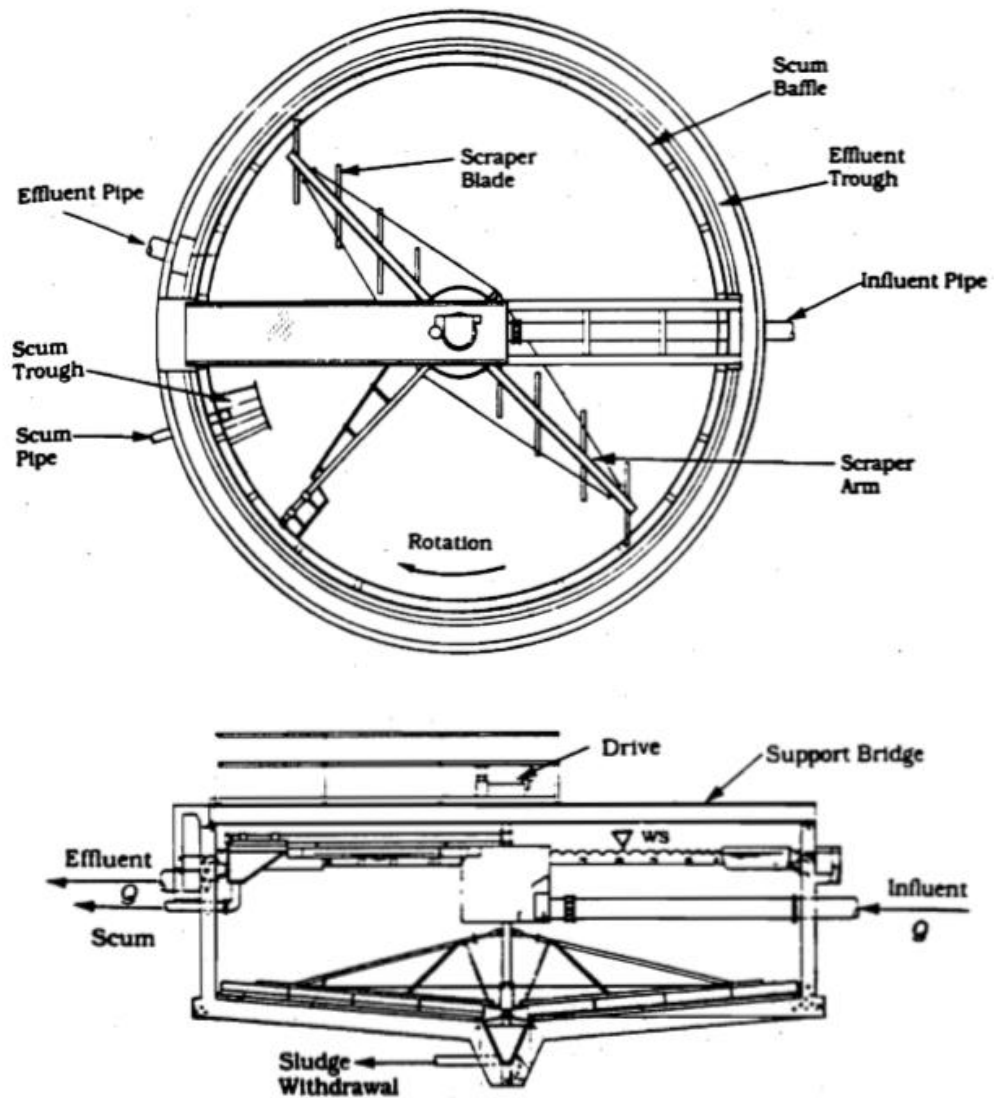
2.6.4 Pengolahan Tersier

1. Bak Pengendap II

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 *vee* dan dihilangkan melalui pipa dibawah sepasang blades.

Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur yang terdapat di tengah bagian bawah *clarifier*.. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi. Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1-2 jam. Kedalaman

clarifier rata-rata 10 – 15 feet (3 – 4,6 meter). Clarifier yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (*sludge blanket*) yang kurang dari 2 feet (0,6 meter).



Gambar 2.21 Clarifier

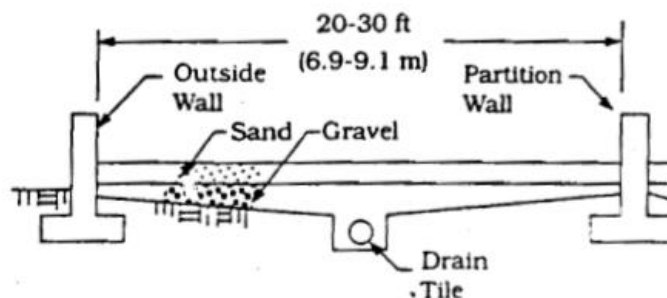
2. Pengolahan Lumpur

Pengolahan lumpur diperlukan untuk menstabilkan proses pengolahan, padatan perlu dibuang dan dikurangi volumenya, pengolahan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam lumpur, karena residu lumpur berlebih yang terdapat pada air limbah dapat mempengaruhi proses pengolahan air limbah. (Spellman, 2003)

Salah satu unit pengolahan lumpur yakni *sludge drying bed* pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur / *sludge* dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / *sludge* diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200 – 300 mm. Selanjutnya, lumpur tersebut dibiarkan mengering.

Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan *open join*). (Metcalf & Eddy, 2004)

Daya tampung *sludge drying bed* dihitung berdasarkan perbandingan area per kapita dengan satuan *sludge* / lumpur kering dalam kg per meter persegi per tahun ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{tahun}$).



Gambar 2.22 *Sludge Drying Bed*

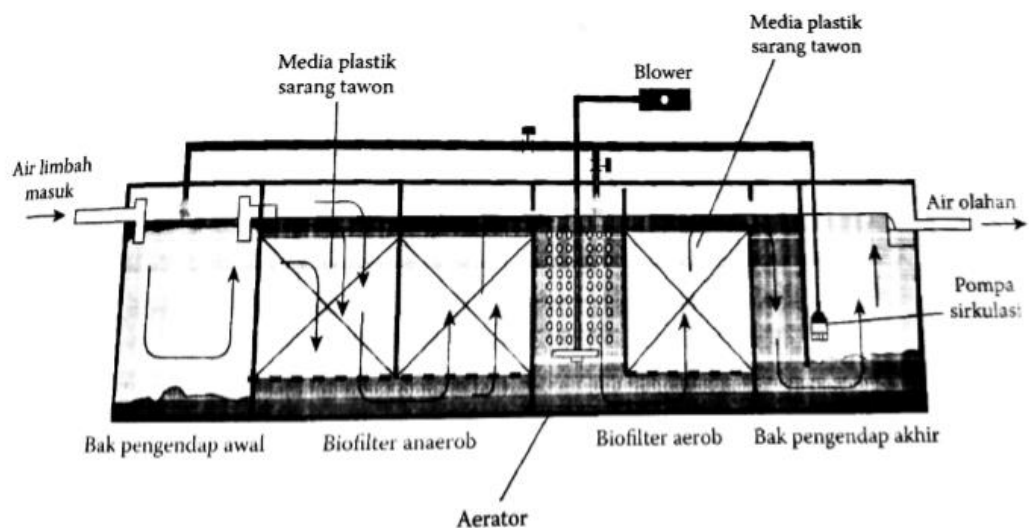
2.7 Instalasi Pengolahan Limbah Cair Domestik Biofilter Anaerob – Aerob

Instalasi pengolahan limbah cair domestik Anaerob-aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob, dengan menggunakan biofilter ini polutan organik yang ada di air limbah akan terurai menjadi karbondioksida dan metana tanpa menggunakan energi (blower udara) tetapi amoniak, dan gas hidrogen sulfida

(H₂S) tidak hilang, namun polutan organik dalam bentuk BOD dan COD serta padatan tersuspensi (TSS) dapat diturunkan. Agar, air olahan dapat memenuhi baku mutu, limbah kemudian diolah menuju biofilter aerob dimana terjadi proses menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O), amoniak menjadi nitrit, selanjutnya menjadi nitrat, sedangkan gas H₂S akan dirubah menjadi sulfat. Biofilter ini menggunakan konsumsi energi yang cukup rendah dan dapat mengolah air limbah domestik sehingga kualitasnya cukup baik. (Said, 2016)

Instalasi pengolahan limbah cair domestik anaerob-aerob, terdiri atas bak ekualisasi, bak pengendap awal, biofilter anaerob dan aerob, bak pengendap akhir, bak kontrol, dan saluran akhir.

Dengan skema proses antara lain, Air limbah domestik dialirkan masuk ke bak pengumpul atau bak ekualisasi, selanjutnya dari bak ekualisasi kemudian dipompa ke bak pengendap awal, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir, dan kotoran organik tersuspensi. (Said, 2016)



Gambar 2.23 Biofilter Anaerob-Aerob

Bak pengendap berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur, dan penampung lumpur. (Said, 2016)

Air limpasan kemudian menuju biofilter anaerob, di dalamnya mengandung biofilter plastik dimana bakteri melekat, biofilter ini terdiri atas

dua ruangan. Penguraian organik dilakukan oleh bakteri anaerobik dan fakultatif.

Kemudian aliran menuju ke reaktor biofilter aerob, dimana dilakukan kontak aerasi pada media biofilter sehingga tumbuh mikroorganisme melekat sehingga dapat mempercepat penguraian komponen organik air limbah.

Dari bak aerasi air dialirkan menuju ke bak pengendap akhir sebagian diresirkulasi pada inlet bak aerasi, sedang air limpasan dialirkan ke bak biokontrol. (Said, 2016)

Beberapa keunggulan instalasi pengolahan ini antara lain :

- Pengelolaannya mudah
- Tidak perlu lahan yang luas
- Biaya operasi rendah
- Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur lebih sedikit
- Dapat menghilangkan nitrogen dan fosfor, yang dapat menyebabkan eutrofikasi
- Suplai udara untuk aerasi sedikit
- Dapat digunakan untuk limbah dengan beban BOD yang cukup besar
- Dapat menghilangkan *Suspended Solid* cukup baik

a. Kriteria Biofilter Anaerob-aerob

Kriteria yang perlu diperhatikan dalam penggunaan biofilter anaerob-aerob, antara lain meliputi: (Said, 2016)

i. Pemilihan Media Biofilter

Media biofilter merupakan hal penting dari biofilter karena itu pemilihan media harus dilakukan dengan seksama disesuaikan dengan kondisi proses dan jenis air limbah yang akan diolah.

Ada beberapa kriteria media biofilter ideal yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Mempunyai luas permukaan spesifik yang besar
2. Mempunyai fraksi volume rongga tinggi

3. Diameter celah bebas besar
4. Tahan terhadap penyumbatan
5. Dibuat dari bahan inert
6. Harga per unit luas permukaan ekonomis
7. Mempunyai kekuatan mekanik yang baik
8. Ringan
9. Fleksibilitas
10. pemeliharaan dan perawatan mudah
11. Kebutuhan energi yang kecil dan reduksi cahaya
12. Sifat kebasahan

ii. Jenis Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur, bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon. Sedangkan dari media anorganik dapat berupa batu pecah, kerikil, marmer, batu tembikar, batu bara, dan lain. Jenis media biofilter antara lain : (Said, 2016)

- Batuan dan kerikil
- *Fiber mesh pads*
- *Brilio pads*
- *Random dan dumped packing*
- Media terstruktur

2.8 Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Gula

Pemilihan jenis teknologi atau proses yang akan digunakan untuk proses pengolahan air limbah, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain adalah karakteristik air limbah, jumlah air limbah serta standar kualitas air olahan yang diharapkan. Pemilihan teknologi pengolahan air limbah harus mempertimbangkan beberapa hal lain seperti ketersediaan lahan, kemudahan

dalam pengelolaan, operasional, sumber energi, serta biaya perawatan diupayakan serendah mungkin. (Said, 2016)

Setiap teknologi pengolahan air limbah mempunyai keunggulan dan kekurangannya masing-masing dan oleh karena itu dalam pemilihan jenis teknologi pengolahan limbah harus memerhatikan aspek teknis, ekonomis, lingkungan dan sumber daya manusia untuk mengelola fasilitas tersebut.

Industri gula pada umumnya menghasilkan limbah cair dengan kandungan organik yang cukup tinggi sehingga dalam instalasi pengolahan air limbahnya menggunakan proses biologis yakni menggunakan proses lumpur aktif biakan tersuspensi (*Suspended Culture*) salah satunya menggunakan *Step Aeration* yang digunakan untuk beban pengolahan yang besar. (Said, 2016)

Parameter kriteria perencanaan dari proses *Step Aeration* sebagai berikut :

Kriteria Perencanaan	Proses Step Aeration
Beban BOD :	
- BOD-MLSS Loading	0,2-0,4 [kg/kg.hari]
- BOD-Volume Loading	0,4-1,4 [kg/m ³ .hari]
MLSS	2000-3000 mg/L
Umur Sludge	2-4 Hari
Kebutuhan Udara (Qudara/Qair)	3-7
Waktu Aerasi	4-6 Jam
Rasio Sirkulasi Lumpur (Qlumpur/Qair Limbah)	20-30%
Efisiensi Pengolahan	85-95%

Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan

Proses tipikal pengolahan air limbah yang mengandung polutan organik secara umum menggunakan sistem lumpur aktif dalam prosenya dapat dibagi menjadi 2 yakni pengolahan primer dan pengolahan sekunder, dengan skema sebagai berikut :

1. Bak pengumpul
2. Screen
3. Bak pemisah pasir
4. Bak pemisah lemak
5. Bak equalisasi
6. Bak pengendap awal

Halaman