BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Industri Karet

Limbah merupakan hasil sisa dari sebuah proses yang tidak dapat digunakan kembali, apabila limbah ini terlalu banyak dilingkungan maka akan berdampak pada pencemaran lingkungan dan kesehatan bagi masyarakat sekitar. Limbah ada dua bagian sumber yaitu limbah yang bersumber domestik (limbah rumah tangga) dan limbah yang berasal dari non-domestik (pabrik, industri dan limbah pertanian). Karakteristik bahan-bahan yang termasuk limbah adalah mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, bersifat korosif dan lain-lain. Kegiatan industri, domestik, dan kegiatan lain berdampak negatif terhadap sumber daya air, antara lain menurunkan kulitas air. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan dan perlindungan sumber daya air secara seksama.

Oleh karena itu, dalam pembuangan limbah baik yang domestik maupun yang non-domestik di daerah pemukiman sebaiknya dilakukan penataan ulang lokasi pembuangan limbah, agar aliran limbah dari masing-masing pemukiman penduduk dapat terkoordinasi dengan baik, dan tidak menimbulkan penyakit yang meresahkan kehidupan penduduk sekitar. Salah satu industri yang erat hubungannya dengan masalah lingkungan adalah industri karet. Dari proses pengolahan karet akan menghasilkan limbah cair yang mengandung senyawa organik. Hal ini memerlukan penanganan yang terpadu antara pihak pemerintah, industri dan masyarakat, juga diperlukan teknologi pengolahan limbah karet yang murah dan mudah dalam penanganannya. Salah satu penyebab kerusakan lingkungan ini adalah akibat pencemaran terhadap lingkungan yang dapat menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan hidup adalah berasal dari kegiatan industri, yaitu pembuangan limbah industri yang belum memenuhi baku mutu lingkungan.

Saat ini kondisi pabrik karet sebagian besar berada didaerah yang cukup padat pemukimannya, kapasitas produksinya semakin hari semakin besar, lahan yang tersedia untuk mengelola limbah, rata –rata tidak mencukupi karena volume

air yang digunakan semakin besar dan kualitas limbah semakin kotor dan upaya pabrik secara sendiri – sendiri melakukan pemilihan bahan baku yang bersih untuk memperbaiki mutu, meningkatkan efesiensi, dan pencemaran yang kurang berhasil. (Prastiwi N, 2010) Sumber Limbah Industri Karet apabila dilihat dari tahapan poduksi baik dari bahan baku berasal dari lateks dan bahan olahan karet rakyat (bokar), maka limbah yang terbentuk pada industri karet dapat berupa limbah padat (Limbah Crumb Rubber), limbah cair, dan limbah gas. Kualitas bahan baku berpengaruh terhadap tingkat kuantitas dan kualitas limbah yang akan terjadi dengan rincian sebagai berikut:

1). Makin kotor bahan karet olahan akan mkin banyak air yang diperlukan untuk proses pembersihannya, sehingga debit limbah cairpun meningkat.

2) Makin kotor dan makin tinggi kadar air dari bahan baku karet olahan, akan makin mudah terjadinya pembusukan, sehingga kuantitas limbah gas/bau pun meningkat.

3) Bahan baku karet olahan yang kotor menyebabkan kuantitas lumpur, tatal dan pasir relatif tinggi.

Sumber limbah cair dapat dikategorikan dari proses produksi dengan rincian sebagai berikut:

1. Bahan baku karet dari rakyat berbentuk koagulum (bongkahan) yang telah dibubuhi asamsemut, dan banyak mengandung air dan unsur pengotor dari karet baik disengaja maupuntidak disegaja oleh kebun rakyat. Sumber limbahnya antara lain:
   a. Penyimpanan koagulum
   b. Sebelum produksi terlebih dulu karet disempot air sehingga menghasilkan limbah
   c. Pencacahan koagulum lalu di cuci dengan air lagi
   d. Proses peremahan dengan hammer mill juga menghasilkan limbah cair, waaupun jumlahnya relatif kecil
2. Bahan baku berasal dari lateks kebun. Limbah cair dari produksi karet berasal dari pembersihan bokar, penggilingan, pencacahan, pengeringan serta pengepresan

2.2 Karakteristik Air Limbah

Setiap industri dan jenis bangunan memiliki karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Karet (Crumb Rubber) yang mempunyai karakteristik :

2.2.1 pH

Konsentrasi ion hidrogen atau yang biasa disebut derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang penting baik untuk air maupun air limbah. pH biasanya digunakan untuk menunjukan konsentrasi dari ion hydrogen tersebut. Kandungan pH pada air limbah industry karet ini adalah 6,53, Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air limbah dengan pH yang ekstrim sulit untuk pengolahan secara biologis dan jika tidak dilakukan penetralan pH sebelum air limbah diolah akan merubah kondisi di perairan alami. (Metcalf & Eddy,"Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 57)

2.2.2 Total Suspended Solid

TSS adalah jumlah Total Solids (TS) yang tertahan pada sebuah filter dengan ukuran pori tertentu, yang diukur setelah dikeringkan pada suhu 105ºC. Filter yang paling umum digunakan untuk pengukuran TSS yaitu Whatman glass fiber filter dengan ukuran pori 1,58 µm. Sedangkan TS sendiri adalah residu yang tersisa setelah air limbah diuapkan dan dikeringkan dengan suhu tertentu (103 – 105ºC). (Metcalf & Eddy, 2003).

Kandungan TSS pada air limbah industri karet ini adalah 130 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 184,5 mg/L. TSS merupakan penyebab utama kekeruhan air yang disebabkan oleh partikelpartikel tersuspensi di dalam air yang dapat mengganggu penyerapan cahaya matahari ke dalam air. Kekeruhan akan menghambat penembusan sinar matahari yang dibutuhkan oleh mikroorganisme

dan fitoplankton untuk melakukan fotosintesis. TSS meliputi seluruh padatan yang terdapat dalam air, baik senyawa organik maupun anorganik.

2.2.3 Biological Oxygen Demand

BOD adalah jumlah kebutuhan oksigen terlarut di dalam air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mereduksi bahan organik secara biokimia dalam kondisi aerobik. Alasan mengapa tes BOD diperlukan ialah: Untuk menentukan kuantitas oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan bahan organik secara biologis secara tepat, Menentukan ukuran unit pengolahan limbah, Mengukur efisiensi pengolahan, dan untuk menentukan pematuhan pembuangan air limbah yang diperbolehkan (Metcalf & Eddy, 2003). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahanorganik yang siap terdekomposisi (readily decomposable organic matter).

BOD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/L) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan semua zat organic yang terlarut maupun tersuspensi dalam air buangan, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah terurai (biodegradable organics) yang ada di perairan. Kandungan BOD pada air limbah industry karet ini adalah 213,68 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 60 mg/L.

2.2.4 Chemical Oxygen Demand

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air limbah secara kimiawi dengan menggunakan kalium dikromat didalam larutan asam. Nilai COD seringkali lebih tinggi dari BOD dikarenakan: Banyak substansi organik yang sulit untuk

dioksidasi secara biologis seperti ligninyang hanya dapat dioksidasi secara kimiawi, Substansi anorganik yang dioksidasi oleh dikromat meningkatkan jumlah bahan organik dalam air, Beberapa substansi organik dapat meracuni mikroorganisme yang digunakan dalam uji BOD, Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya substansi anorganik yang dapat bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator dikromat sebagai sumber oksigen, dinyatakan dalam ppm atau miligram per liter (mg/L). Nilai COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secaraalamiah dapat dioksidasi melalui proses kimiawi. Maka, semakin tinggi COD maka semakin tinggi kadar oksigen terlarut untuk oksidasi dan oksigen yang tersedia untuk biota perairan semakin rendah. Kandungan COD pada air limbah industry karet ini adalah 607,15 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 200 mg/L.

2.2.5 N-Total

Nitrogen total adalah jumlah atau kadar keseluruhan nitrogen yang terdapat dalam limbah cair atau sampel, air permukaan dan lainnya. Nitrogen dapat ditemui hampir di setiap badan air dalam berbagai macam bentuk, bergantung tingkat oksidasinya, yaitu NH3, N2, NO2,NO3. Nitrogen netral berada sebagai gas N2 yang merupakan hasil suatu reaksi yang sulit untuk bereaksi lagi. N2 lenyap dari larutan sebagai gelembung gas karena kadar kejenuhannya rendah.

Hubungan yang timbul diantara berbagai bentuk campuran nitrogen dan perubahan – perubahan yang terjadi dalam alam pada umumnya digambarkan dengan siklus nitrogen. Di dalam air limbah kebanyakan dari nitrogen tersebut terdapat dalam bentuk organik atau protein dan amoniak. Setingkat demi setingkat nitrogen organik tersebut dirubah menjadi nitrogen amoniak. Dalam kondisi aerobik, oksidasi dari amoniak menjadi nitrit dan nitrat terjadi sesuai waktunya.

Dalam limbah, nitrogen dapat berada dalam bentuk amoniak tereduksi sampai senyawa nitrat teroksidasi. Konsentrasi tinggi dari berbagai bentuk nitrogen beracun terhadap flora dan fauna tertentu. Amoniak merupakan bagian dari nitrogen total yang berasal dari oksidasi zat organis secara mikrobilogis yang berasal dari air buangan industri dan penduduk. Kadar amoniak yang tinggi selalu menunjukkan pencemaran. Amonia menyebabkan perubahan jaringan pada sistem pernafasan dan meningkatkan infeksi mikoplasma dan menurunkan pertumbuhan. Selain itu, amonia dalam tanah akan dikonversikan ke dalam nitrat oleh bakteri nitrat, sehingga mengakibatkan pH air tanah turun dan tingginya kadar nitrat dalam air minum.

Kandungan Nitrogen Total air buangan Industri Karet ini adalah 10,04 mg/lt, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan Nitrogen Total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 10 mg/lt (Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No.8 Tahun 2012.).

2.2.6 Amonia Total

Amonia merupakan hasil dari penguraian zat organik (sisa pakan, feses dan biota akuatik yang mati) oleh bakteri pengurai. Amonia yang terukur dalam perairan berupa amonia total (NH3-N), yang terdiri dari amonia bebas (NH3) dan ion amonium (NH4+). Persentase kadar amonia bebas meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan suhu perairan. Amonia bebas bersifat toksik terhadap organisme akuatik Toksisitas amonia ini akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut.

Air limbah industri kayu lapis berasal dari proses produksi glue spender dan

proses pencucian mesin maupun peralatan produksi. Dari tiap-tiap perekat yang dibuat, komposisi terbesar yang digunakan yaitu resin dengan persentase 70-80% dari total campuran yang ada. resin ini berfungsi sebagai pengikat ion negative penyebab korosi (resin kation) dan pengikat ion positif penyebab kerak atau scale (resin anion). Resin yang telah jenuh harus diregenerasi, proses regenerasi ini yang menyebabkan amonia yang terikat akan lepas dan terikut dalam air limbah regenerasi hasil dari produksi industri kayu lapis.

Amonia total pada air buangan kawasan industri adalah 25 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kadar amonia total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 4 mg/L (Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No.8 Tahun 2012.).

2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan

2.3.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Saluran pembawa ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton. Saluran Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pemabwa ini diatas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m). Pada saluran pembawa, setiap 10 m saluran pembawa terdapat bak kontrol. Atau apabila terjadi jika ada ukuran screen lebih besar dari saluran, maka peletakan screen dipasang di bak kontrol.

- Kriteria Perencanaan

- Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s
  (Sumber : Metcalf & Eddy 4th Edition, halaman 316)
- Freeboard = 5 – 30%
  (Sumber : Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 159. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)
- Koefisien manning (n) = 0,013 (beton yang dihaluskan)
  (Sumber : Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 111. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

2.3.2 Screen

Screen biasanya merupakan tahap awal proses pengolahan air limbah. Proses ini bertujuan untuk memisahkan potongan-potongan kayu, plastik dan sebagainya. Screen biasanya terdiri dari batang pararel, kawat atau grating,

perforated plate dan umumnya memiliki bukaan yang berbentuk bulat atau persegi empat. Secara umum peralatan screen terbagi menjadi dua tipe yaitu Screen Kasar (*Course Screen*) dan Screen Halus (*Fine Screen*). Dan ada dua cara pembersihannya yaitu secara manual dan mekanis. Prinsip yang digunakan bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Screen berfungsi untuk :

1. Menyaring benda padat dan kasar yang ikut terbawa atau hanyut dalam air buangan supaya benda-benda tersebut tidak menggangu aliran dalam saluran dan tidak mengganggu proses pengolahan air buangan.
2. Mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran pembawa.
3. Melindungi peralatan seperti pompa, valve dan peralatan lainnya. Perbedaan screen kasar dan halus adalah pada jauh atau dekatnya jarak antar bar screen.

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain screen dengan pembersihan secara manual maupun mekanis baik coarse screen adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

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	23 – 38
Jarak antar batang	1,0 - 2,0	0,6 – 3,0	25 – 50	15 - 75
Parameter lain				
Kemiringan terhadap 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	6 m	5 – 24 m	150 mm	150 – 600 mm

Sumber*: (*Metcalf and Eddy, 2003)

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung screen pada bangunan pengolahan air limbah adalah sebagai berikut :

- Tinggi *bar screen*

  Tinggi *bar screen* = HSaluran + (fb x HSaluran)

  Keterangan:

  H = tinggi

  Fb = *freeboard*

- Jumlah Batang Kisi (n)

  ws = (n+1) x r + (n x d)

  Keterangan:

  ws = lebar saluran (m)

  n = jumlah batang

  r = jarak antar kisi (m)

  d = lebar kisi/bar (m)

- Lebar bukaan screen (wc)

  wc = ws – (n x d)

  Keterangan:

  wc = lebar bukaan screen

  n = jumlah batang

  d = lebar kisi/bar (m)

- Tinggi Kisi (γ)

  γ = h + *freeboard*

  Keterangan:

  H = kedalaman/ketinggian kisi

- Panjang Kisi (P)

  $P = \frac{\gamma}{\sin \alpha}$

  Keterangan:

  α = kemiringan kisi

  γ = tinggi kisi (m)

- Jarak Kemiringan Kisi (x)

x = P. Cos α

Keterangan:

α = kemiringan kisi

P = panjang kisi (m)

- Kecepatan melalui Kisi (Vi)

  $Vi = \frac{Q}{wc\ x\ h}$

  Keterangan

  Q = debit *inlet* air limbah

  wc = lebar bukaan screen

  h = tinggi muka air

- *Headloss* pada *Bar screen* saat non-clogging

  $Hf = \frac{1}{C}\ x\ \left(\frac{Vi^2 - V^2}{2\ x\ g}\right)$

  C merupakan koefisien pada saat non-clogging yaitu 0,7

- *Headloss* pada *Bar screen* saat clogging

  $Hf = \frac{1}{Cc}\ x\ \left(\frac{Vi^2 - V^2}{2\ x\ g}\right)$

  Cc merupakan koefisien pada saat clogging yaitu 0,6.

2.3.3 Bak Equalisasi

Tujuan proses equalisasi adalah untuk meminimkan atau mengontrol fluktuasi dari karakteristik air limbah yang diolah agar memberikan kondisi optimum pada proses pengolahan selanjutnya. Ukuran dan tipe bak equalisasi tergantung pada kuantitas limbah dan perubahan aliran limbah. Bak Equalisasi harus berukuran cukup untuk mengurangi fluktuasi limbah yang disebabkan oleh perubahan program rencana produksi dan untuk mengurangi konsentrasi secara periodik pada bak pengumpul atau saluran. Tujuan proses equalisasi untuk mengolah limbah industri adalah :

1. Mengurangi fluktuasi bahan organik yang diolah untuk mencegah shock loading pada proses biologis.
2. Mengontrol pH atau meminimumkan kebutuhan bahan kimia yang diisyaratkan untuk proses netralisasi.

3. Meminimumkan aliran pada proses pengolahan fisik - imia dan mengetahui rata-rata kebutuhan bahan kimia.
4. Memberikan kapasitas untuk mengontrol aliran limbah.
5. Mencegah tingginya konsentrasi bahan berbahaya yang masuk pada proses pengolahan biologis.

Pencampuran selalu diberikan pada proses equalisasi dan untuk mencegah pengendapan zat padat pada dasar bak. Pada proses pencampuran, oksidasi dapat mengurangi bahan organik atau BOD (10 – 20 % tersisihkan) udara dalam air limbah dari proses pencampuran dan aerasi (Reynold,1996). Metode yang digunakan pada proses pencampuran antara lain (Eckenfelder, 2000) :

1. *Distribution of inletflow and baffle*
2. *Turbine mixing*
3. *Diffused Air Aeration*
4. *Mechanical Aeration*

Power yang dibutuhkan apabila menggunakan surface aerator sebesar 0,02-0,04 hp/103 gal (0,004 – 0,008 Kw/m^3). Udara yang dibutuhkan untuk diffuser air aerator sebesar 0,01 – 0,015 m^3 /m^3 .min (1,25 – 2,0 ft^3 udara/ gal.min).

Bak Equalisasi di desain untuk menyamakan aliran, konsentrasi atau keduanya. Debit atau aliran dan konsentrasi limbah yang fluktuatif akan disamakan debit dan konsentrasinya dalam bak equalisasi, sehingga dapat memberikan kondisi yang optimum pada pengolahan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003).

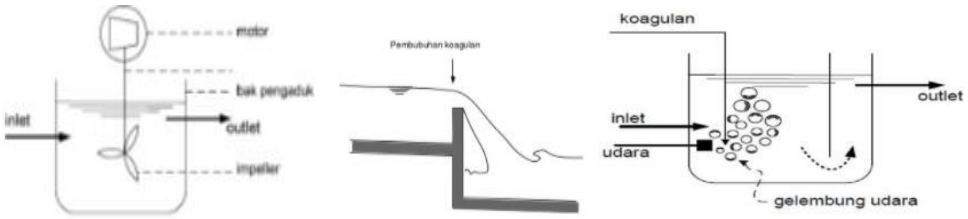
2.3.4 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya Tarik menarik antara partikel lebih kecil daripada gaya tolak menolak akibat muatan listrik. Pada kondisi stabil penggumpalan partikel tidak terjadi dan Gerakan brown menyebabkan partikel tetap menjadi suspensi. Melalui koagulasi maka akan terjadi destabilisasi sehingga partikel koloid menyatu dan menjadi besar, sehingga partikel koloid yang awalnya sulit dipisahkan dari air menjadi mudah dipisahkan dengan menambahkan flokulasi dan sedimentasi (Said,

2017).

Proses destabilisasi terjadi salah satunya akibat dari pengadukan cepat, pengadukan cepat bertujuan agar menghasilkan turbulensi pada air sehingga bahan kimia (koagulan) dapat didispersikan kedalam air. Secara umum pengadukan cepat ialah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan yang besar (300 sampai 1000/s) selama 5 hingga 60 detik yang bergantung pada maksud serta tujuan dari pengadukan itu sendiri (Masduqi, 2016).

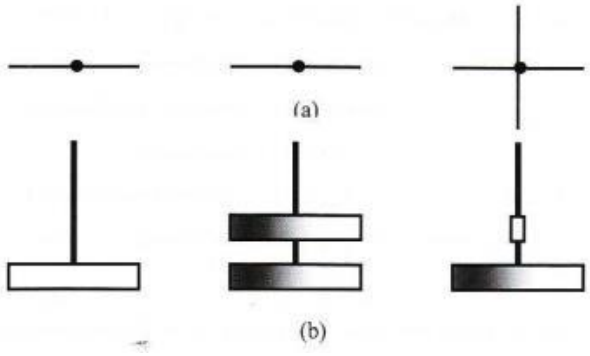
Menurut caranya, pengadukan cepat dibagi menjadi tiga cara, yaitu pengadukan mekanis, pengadukan hidraulis, dan pengadukan pneumatis. Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan dengan memakai peralatan mekanis yang terdiri dari motor, poros pengaduk, dan alat pengaduk yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Pengadukan hidraulis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan yang dihasilkan dari energi hidraulis dari suatu aliran hidraulis yang dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau lompatan hidraulis pada suatu aliran. Sedangkan pengadukan pneumatis merupakan pengadukan yang memakai udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan (Masduqi, 2016).



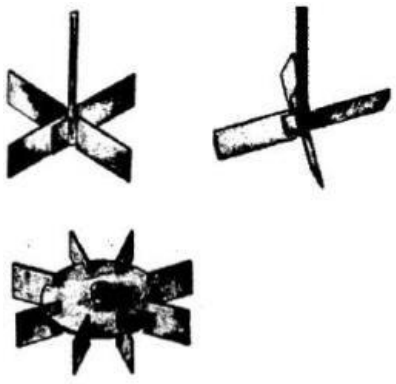
Gambar 2.1 Pengadukan Mekanis, Pengadukan Hidraulis dan Pengadukan Pneumatis

Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar 2.8, gambar 2.9, dan gambar 2.10. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.2. Faktor

penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td. Tabel 2.3 dapat dijadikan patokan untuk menentukan G dan td. Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT yang dapat dilihat pada tabel 2.4.



Gambar 2.2 Tipe *Paddle* a) Tampak Atas dan Samping Tampak Atas, (b) Tampak Samping
(Sumber : Masduqi & Assomadi, 2012 hal 112)



Gambar 2.3 Tipe *Paddle*
(a) *turbine* blade lurus, (b) *turbine* blade dengan piringan, (c) *turbine* dengan *blade* menyerong

(Sumber : Qasim, et all., 200)

Gambar 2.4 Tipe *Propeller*

(a) propeller 2 blade, (b) propeller 3 blade(Sumber : Qasim, et all., 200)

Bahan kimia yang biasanya dipakai untuk proses koagulasi umumnya dibagi menjadi tiga golongan, yaitu zat koagulan, zat alkali dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan dipakai untuk menggumpalkan partikel yang tersuspensi, zat warna, koloid dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang besar (flok). Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan berfungsi untuk mengatur pH agar kondisi air baku dapat menunjang proses flokulasi, serta membantu agar pembentukan flok dapat berjalan lebih efisien (Said, 2017).

Beberapa macam koagulan yang sering digunakan dalam proses penjernihan air adalah Poly Aluminiumunium Chloride (PAC), aluminium sufat ($Al_2(SO_4)3$), ferri klorida ($FeCl_3$), dan ferri sulfat ($Fe_2(SO_4)3$). Pada umumnya koagulan yang paling sering digunakan oleh masyarakat adalah aluminium sulfat atau yang lebih dikenal dengan tawas. Adapun beberapa keuntungan dari penggunaan koagulan-koagulan diatas.

1. *Poly Alumunium Chloride* (PAC)

PAC adalah garam khusus pada pembuatan aluminium klorida yang mampu memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat daripada aluminium yang biasa dan garam-garam besi seperti aluminium sulfat atau ferri klorida. Kegunaan dari PAC adalah sebagai koagulan atau flokulan untuk menguraikanlarutan yang keruh dan menggumpalkan partikel, sehingga memungkinkan untuk memisah dari medium larutannya. Keuntungan penggunaan PAC sebagaikoagulan dalam proses penjernihan air yaitu korosivitasnya rendah karena PAC adalah koagulan bebas sulfat sehingga aman dan mudah dalam penyimpanan dan transportasinya dan penggunaan PAC sebagai koagulan tidak menyebabkan penurunan pH yang cukup

tajam.

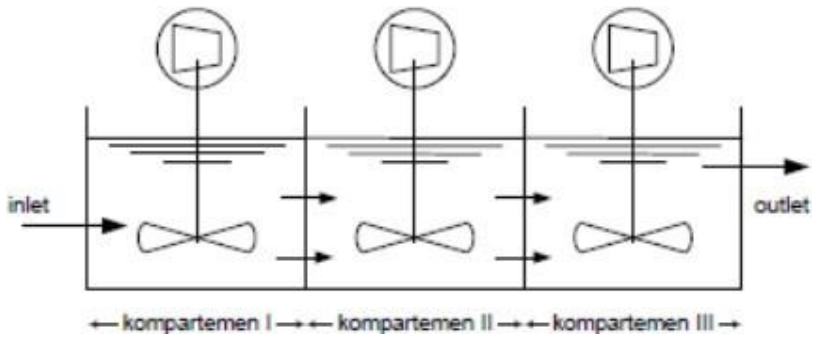
2. Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)3$)

Biasanya disebut tawas, bahan ini sering dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah tebakar, ekonomis, mudah didapat dan mudah disimpan. Penggunaan tawas memiliki keuntungan yaitu harga relatif murah dan sudah dikenal luas oleh operator water treatment.

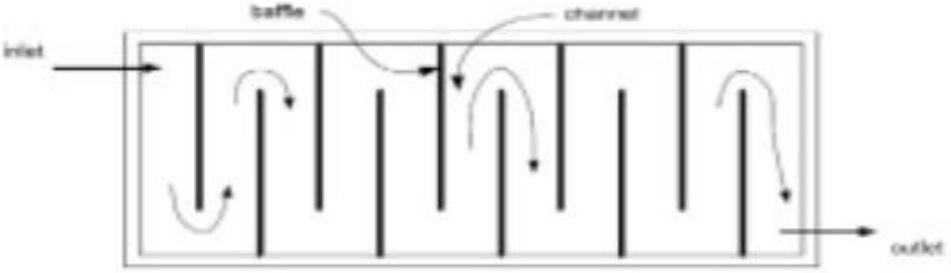
2.3.5 Flokulasi

Pada hakikatnya flokulator adalah kombinasi antara pencampuran dan pengadukan sehingga flok-flok halus yang terbentuk pada bak pencampur cepat akan saling bertumbukan dengan partikel-partikel kotoran atau flok-flok yang lain sehingga terjadi gumpalan-gumpalan flok yang semakin besar (Said, 2017).

Proses flokulasi berfungsi untuk membentuk flok-flok agar menjadi besar dansatbil sehingga dapat diendapkan dengan mudah atau disaring. Untuk proses pengendapan dan penyaringan, partikel-partikel kotoran halus maupun koloid yang ada dalam air baku harus digumpalkan menjadi flok-flok yang cukup besar dan kuat untuk diendapkan atau disaring. Proses pembentukan flok dimulai dari proses koagulasi sehingga terbentuk flok-flok yang masih halus. Flok tersebut kemudian akan saling bertumbukan dengan sesama flok atau dengan partikel kotoran yang ada dalam air baku sehingga akan menggabung membentuk gumpalan flok yang besar sehingga mudah mengendap. Umumnya pengadukan lambat dapat berupa pengadukan mekanis dengan memakai *impeller* atau berupa pengadukan hidraulis dengan *baffle channel* (Said, 2017).



Gambar 2.5 Pengadukan Lambat secara Mekanis



Gambar 2.6 Pengadukan Lambat secara Hidraulis

Dalam proses flokulasi beberapa hal berikut perlu diperhatikan : (Said, 2017).

1. Proses flokulasi harus sesuai dengan cara pengadukan yang dilakukan agar pembentukan flok dapat berjalan dengan baik dan efektif
2. Kecepatan pengadukan didalam bak flokulator harus bertahap dan kecepatannya semakin pelan ke arah aliran keluar
3. Waktu pengadukan rata-rata 20-40 menit
4. Perencanaan peralatan pengadukan didasarkan pada perhitungan gradien kecepatan dalam bak flokulator.

2.3.6 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah :

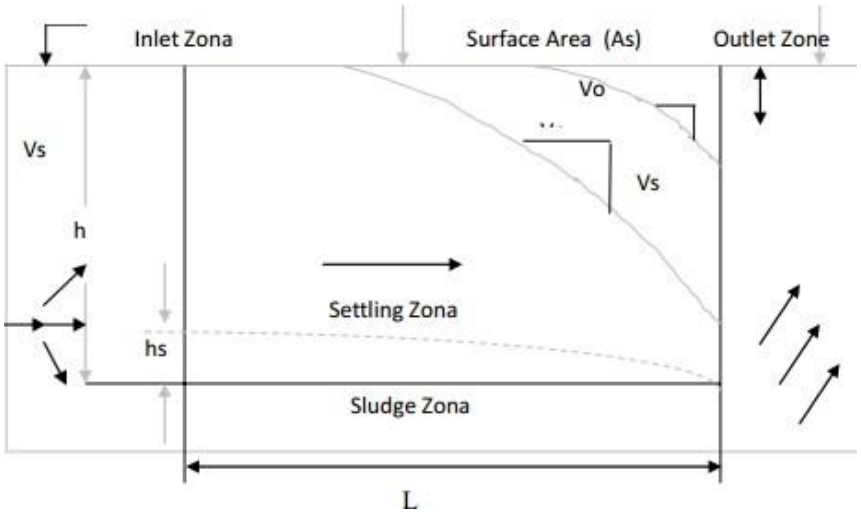
a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada

instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan *chlorine*.

d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah :

1) Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
2) Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
3) Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
4) Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)



Gambar 2.7 Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla. *Water Supplay Engineering Desain*)

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

- Zona Inlet

  Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling (± 25% panjang bak).

- Zona Settling

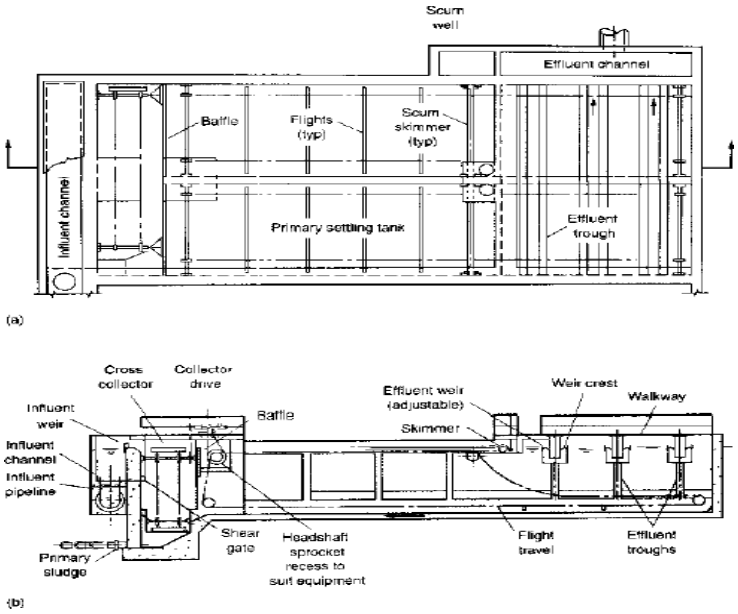
  Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya.

- Zona Sludge

Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantungpada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75%mengendap pada 1/5 volume bak.

- Zona Outlet

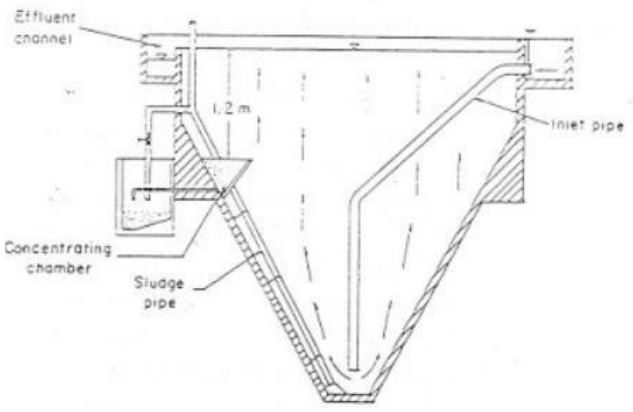
Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.



Gambar 2.8 Denah dan Potongan Sedimentasi *Rectangular*

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003)

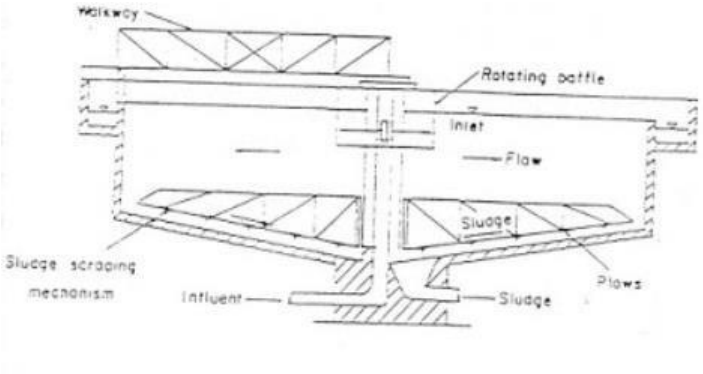
1. Lingkaran (*circular*) – *center feed*, dimana air masuk melalui pipa menujuinlet bak di bagian tengah bak dan kemudian mengalir secara horizontal dari inlet menuju outlet di sekeliling bak.



Gambar 2.9 Bak Sedimentasi *Circular Center Feed*

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

2. Lingkaran (*circular*) – *peripheral feed*, dimana air masuk melalui sekeliling lingkaran dan secara horizontal mengalir menuju ke outlet di bagian bawah lingkaran.



Gambar 2.10 Bak Sedimentasi *Circular Peripheral Feed*

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

Sedangkan menurut tipenya, sedimentasi dibagi menjadi :

1. Sedimentasi tipe 1 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel diskrit
2. Sedimentasi tipe 2 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel flokulen
3. Sedimentasi tipe 3 yang ditujukan untuk mengendapkan lumpur biologis
4. Sedimentasi tipe 4 yang ditujukan untuk memampatkan partikel yang telah mengendap akibat dari berat partikel

Bak sedimentasi memiliki 4 bagian utama, yaitu bagian inlet, zona pengendapan, ruang lumpur dan zona outlet. Zona inlet merupakan tempat air masuk kedalam bak. Zona pengendapan merupakan tempat flok atau partikel mengalami proses pengendapan, ruang lumpur merupakantempat lumpur mengumpul sebelum keluar bak. Zona outlet merupakan tempat dimana air akan meninggalkan bak yang biasanya berbentuk pelimpah (*weir*) (Masduqi, 2016).

Untuk pengolahan air minum, sedimentasi yang umum digunakan yaitusedimentasi tipe 2. Sedimentasi tipe 2 merupakan pengendapan partikel flokulan dalam air, dimana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel sehingga ukuran flok akan semakin besar dan pada akhirnya akan mengendap (Masduqi, 2016).

2.3.7 UASB

Unit Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah secara anaerobik yang banyak digunakan. Prinsip utama dari unit UASB adalah memanfaatkan aktivitas mikroorganisme anaerobik untuk menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah (Lew et al., 2009). Proses pengolahan air limbah dalam unit UASB berlangsung melalui beberapa zona utama, yaitu zona inlet, zona blanket, zona pengendapan, zona pengumpul gas, dan zona outlet (Nguyen et al., 2007).

Zona blanket merupakan bagian utama dari reaktor UASB yang berisi biomassa anaerobik dalam bentuk lumpur teraktivasi (activated sludge). Air limbah dialirkan dari bagian bawah reaktor dan mengalir ke atas melewati lapisan lumpur blanket tersebut. Selama proses pengolahan, bahan organik dalam air limbah akan didegradasi oleh mikroorganisme anaerobik yang terdapat dalam lumpur blanket (Mahmoud et al., 2004).

Salah satu keunggulan utama dari unit UASB adalah kemampuannya dalam menghasilkan biogas (metana) yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Selain itu, unit UASB juga memiliki efisiensi pengolahan yang tinggi dalam menghilangkan bahan organik dari air limbah, membutuhkan lahan yang relatif kecil, dan biaya operasional yang rendah (Seghezzo et al., 1998).

Dalam mendesain unit UASB, terdapat beberapa kriteria yang perlu dipertimbangkan, antara lain:

1. Waktu Tinggal Hidrolik (HRT): Waktu yang dibutuhkan air limbah untuk mengalir melalui reaktor UASB. HRT yang optimal berkisar antara 4-12 jam, tergantung pada karakteristik air limbah.
2. Beban Organik Volumetrik (OLR): Jumlah bahan organik yang masuk ke dalam reaktor per satuan volume per satuan waktu. OLR yang optimal berkisar antara 3-10 kg COD/m3.hari.
3. Kecepatan Upflow (Vup): Kecepatan aliran air limbah ke arah vertikal yang melewati lapisan lumpur blanket. Kecepatan upflow yang optimal berkisar antara 0,5-1,0 m/jam.

4. Rasio Tinggi terhadap Diameter (H/D): Rasio ini menentukan geometri reaktor UASB dan mempengaruhi pola aliran serta distribusi beban organik. Rasio H/D yang optimal berkisar antara 0,5-1,2.

Rumus Perhitungan Unit UASB :

1. Waktu Tinggal Hidrolik (HRT) HRT = Volume Reaktor (m^3) / Laju Aliran Air Limbah (m^3/hari)
2. Beban Organik Volumetrik (OLR) OLR = (Konsentrasi COD Influen (kg/m^3) x Laju Aliran Air Limbah (m^3/hari)) / Volume Reaktor (m^3)
3. Kecepatan Upflow (Vup) = Laju Aliran Air Limbah (m^3/hari) / Luas Penampang Reaktor (m^2)
4. Volume Reaktor Volume Reaktor = Laju Aliran Air Limbah (m^3/hari) x HRT (hari)

Perhitungan-perhitungan tersebut digunakan sebagai dasar dalam mendesain unit UASB agar dapat mengolah air limbah dengan efisien dan optimal sesuai dengan karakteristik air limbah yang akan diolah.

2.3.7.1 Pengolahan Anaerobik pada UASB

Pengolahan air limbah menjadi tantangan penting dalam menjaga kualitas lingkungan. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah pengolahan anaerobik, khususnya dengan reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) (Nasir et al., 2012). Manfaat utama dari pengolahan anaerobik adalah kemampuannya untuk menghasilkan energi terbarukan dalam bentuk biogas. Biogas ini dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik atau sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan. Selain itu, digestate yang dihasilkan dari proses ini dapat digunakan sebagai pupuk organik, yang kaya akan nutrisi dan dapat memperbaiki kesuburan tanah (Appels et al., 2008).

Pengolahan anaerobik juga membantu dalam pengurangan emisi gas rumah kaca. Dengan mengurangi jumlah limbah organik yang terdekomposisi secara aerobik (yang menghasilkan CO2), dan mengalihkan proses dekomposisi ini menjadi anaerobik (yang menghasilkan CH4, yang dapat dibakar menjadi CO2),

pengolahan anaerobik membantu menurunkan dampak lingkungan dari limbah organik (Holm-Nielsen et al., 2009).

Proses pengolahan anaerobik biasanya dibagi menjadi empat tahap utama: hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Pada tahap hidrolisis, bahan organik kompleks seperti protein, karbohidrat, dan lemak dipecah menjadi molekul yang lebih sederhana seperti asam amino, gula, dan asam lemak. Tahap berikutnya, asidogenesis, mengubah molekul-molekul ini menjadi asam lemak volatil, alkohol, karbon dioksida, hidrogen, dan amonia. Selanjutnya, pada tahap asetogenesis, asam lemak volatil diubah menjadi asetat, hidrogen, dan CO2. Akhirnya, pada tahap metanogenesis, asetat dan hidrogen diubah menjadi metana dan CO2 oleh metanogen (Angelidaki & Ahring, 1993).

Teknologi pengolahan anaerobik yang banyak digunakan meliputi reaktor biogas berbentuk kering dan basah. Reaktor basah biasanya digunakan untuk limbah cair, sementara reaktor kering digunakan untuk limbah padat atau campuran limbah padat dan cair. Sistem ini juga dapat dikategorikan berdasarkan suhu operasionalnya: mesofilik (20-45°C) dan termofilik (50-60°C). Reaktor termofilik umumnya lebih efisien dalam menghasilkan biogas tetapi memerlukan kontrol suhu yang lebih ketat dan lebih mahal dalam operasionalnya (Kothari et al., 2010).

2.3.8 Clarifier

Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat scrapper 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 di bawah 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).

Secondary clarifier merupakan bagian tak terpisahkan dari sistem activated sludge. Bagian ini berperan dalam proses pemisahan lumpur dari limbah yang telah diolah di dalam reaktor biologi. Ada lima parameter yang paling berpengaruh terhadap performa secondary clarifier, yaitu: - Konsentrasi MLSS yang masuk ke clarifier - Debit air limbah - Debit resirkulasi system activated sludge - Luas permukaan clarifier, dan - Kemampuan mengendap lumpur. 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. Salah satu contoh pengolahan ketiga ini adalah bangunan clarifier. Clafier sama saja dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis.

Berikut ini adalah kriteria perencanaan unit *Clarifier*:

Zona Pengendapan (Settling Zone)

i. Over Flow Rate (OFR)

- Average = 30-50 m^3/m^2.hari
- Peak = 70-130 m^3/m^2.hari

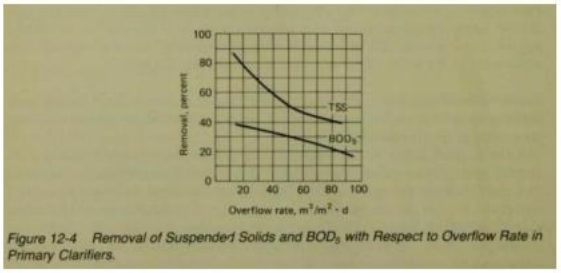


Figure 12-4 Removal of Suspended Solids and BOD_5 with Respect to Overflow Rate in Primary Clarifiers.

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 269)

ii. Waktu Tinggal (Td) = 0,6-3,6 jam

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 269)

iii. Dimensi

- Rectangular

- Panjang (L) = 10-100 m
- Lebar (W) = 3-24 m
- Kedalaman (H) = 2,5-5 m
- P : L = 1-7,5 : 1
- P : H = 4,2-25 : 1

- Circular

- Diameter (D) = 3-60 m
- Kedalaman (H) = 3-6 m

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 271)

iv. Flight Speed = 0,02-0,05 m/menit
Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 398)

v. %Removal TSS = 50%-70%
Sumber: (Huisman, 1977, Halaman 12)

vi. Weir *Loading* Rate = 125-500 m^3/m^2.hari
Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 401)

vii. Diameter *Inlet* Well = 15%-20% Diameter Bak

viii. Ketinggian *Inlet* Well = 0,5-0,7 m

ix. Kecepatan *Inlet* Well = 0,3-0,75 m/s
Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 401)

x. Bilangan Reynold (NRe) untuk v_s = <1 (Aliran Laminar)

xi. Bilangan Reynold (NRe) untuk v_h = <2000 (Aliran Laminar)

xii. Bilangan Freud (NFr) = $>10^{-5}$ (Mencegah Aliran Pendek)
(Sumber: SNI 6774 – 2008 Tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air)

xiii. Specific Gravity Suspended Solid = 1,3-1,5
Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, Halaman 411)

xiv. Slope ke arah Zona *Sludge*

- Rectangular = 1%-2%
- Circular = 40-100 m/m

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 274)

Konsentrasi Solid = 4%-12%

xv. Cek NRe Partikel < 0,5

xvi. Syarat terjadinya pengendapan (Tp < Td)

xvii. Syarat terjadinya penggerusan (Vsc > Vh)

xviii. Suhu air buangan 28 °C, sehingga:

- *Kinematic* Viscosity (ϑ) = 8,004 x 10^{-7} m^2/s
- *Absolute* Viscosity (μ) = 8,004 x 10^{-4} N.s./m^2
- Massa Jenis (ρ) = 0,99626 g/cm^3
  = 996,26 kg/m^3

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996, Halaman 762)

xix. Koef. Manning (n) = 0,012-0,016

(Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat, 2017)

xx. Kontrol penggerusan

- Faktor kisi porositas (β) = 0,05
- Faktor fraksi hidrolis (λ) = 0,03

Sumber: (Huisman, 1977, Halaman 57)

Zona Lumpur (*Sludge* Zone)

i. Volatile Solid = 60%-90%

ii. Dry Solid = 3%-8%

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 428)

iii. Specific Gravity Suspended Solid = 1,3-1,5

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003, Halaman 411)

iv. Massa Jenis (ρ) = 0,99626 gr/cm^3

$= \quad 996{,}26 \text{ kg/m}^3$

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996. Halaman 762)

2.3.9 Sludge Drying Bed

Prinsip bak pengering lumpur yaitu mengeluarkan air lumpur melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan 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.

Pengurangan kandungan air dalam lumpur menggunakan sistem pengering alami dengan matahari, maka air akan berkurang melalui saringan dan proses penguapan. Kelebihan bak pengering lumpur adalah sistem operasi yang mudah dan sederhana serta biaya operasional rendah. Kelemahan bak pengering lumpur adalah membutuhkan lahan yang cukup luas dan sangat bergantung dengan cuaca (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018). Adapun kriteria perencanaan untuk unit SDB antara lain sebagai berikut:

No.	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
1.	Tebal pasir	23-30	cm	Qasim, 1985
2.	Tebal kerikil	20-30	cm	
3.	Sludge loading rate	100-300	kg/m^2.tahun	
4.	Tebal bed	20-30	cm	
5.	Lebar 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	
13.	Kecepatan Pipa Underdrain	0,75	m/detik	Metcalf & Eddy 4th Edition., 2003
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	-	

Gambar 2.11 Kriteria Desain Unit Sludge Drying Bed

Sumber: Ditjen Cipta Karya, 2018

Adapun rumus yang digunakan pada unit pengolahan Sludge Drying Bed (SDB) adalah sebagai berikut:

- Tebal media

  Tebal media = tebal pasir + tebal kerikil + tebal cake

- Volume lumpur tiap bed

  Vb = Lumpur UASB + Lumpur Clarifier + Lumpur Sedimentasi

- Volume sludge drying cake

  Vi = Vb x Pi

  Keterangan :

Vb = Volume lumpur tiap bed

Pi = Berat air dalam cake (60 – 70%)

- Luas Permukaan drying cake

  A $= \frac{Vi}{tebal\ cake}$

  Keterangan :

  Vi = Volume cake sludge (m^3)

- Dimensi ruang lumpur tiap bed

  - Lebar (W) $= \sqrt{\frac{A}{2}}$
  - Panjang (L) $= 2 \times W$

- Volume air tiap bed (Va)

  Va = Volume lumpur – Volume cake

  V underdrain (Vu) = Volume air x persen underdrain

- Kedalaman underdrain (Hu)

  Hu $= \frac{Vu}{A}$

  Keterangan :

  Vu = Volume Underdrain

  A = Luas Permukaan drying cake

- Kedalaman total (H total)

  H total = H media + H underdrain

  H bangunan = H total + freeboard untuk pengisian awal lumpur

- Diameter pipa underdrain

  Q $= \frac{Va}{td}$

  A $= \frac{Q}{v}$

  D $= \sqrt{\frac{4\ x\ A}{\pi}}$

  Keterangan :

  Va = Volume air tiap bed

  D = Diameter Pipa Underdrain

  A = Luas Permukaan drying cake

Td = waktu detensi (detik)

2.4 Persen Penyisihan Unit Pengolahan

Berdasarkan studi literatur yang telah kami kumpulkan, diperoleh rangkuman % penyisihan untuk unit pengolahan beserta keseluruhan parameter dalam air limbah tahu sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air limbah yang telah direncanakan. Berikut rangkuman % penyisihan air limbah industry karet beserta sumber yang tertera.

Tabel 2.2 Tabel Persen Removal Unit Pengolahan

Unit Pengolahan	% Removal	Sumber
Screen	-	-
Bak Ekualisasi	10 - 20 % BOD	Reynold, Unit Operations and Process in Environmental Engineering, hal 158
UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)	85 – 95% BOD 83 – 90% COD 75 – 90% Ammonia 15 – 25% Nitrogen	- Sperling 2007, Biological Wastewater Treatment Series, Vol. 5 Hal 13
Sedimentasi	30 – 75% TSS	- Wastewater Engineering Treatment, Reuse and Recovery, 3th Edition, Metcalf & Eddy, hal 396