

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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 berbedabeda 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 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.

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).

2.3 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 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 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, sulfit, 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 –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 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 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).

2.4 Pengolahan Air Buangan

Pengolahan limbah cair dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologis. Pada pengolahan secara kimia, terjadi perubahan kimia dari suatu zat menjadi zat lain yang berbeda. Pengolahan secara fisika, perubahan hanya terjadi pada penampakan atau bentuk fisik tetapi tidak pada zatnya. Sedangkan pengolahan secara biologi, penghilangan zat pencemar dilakukan

melalui aktivitas biologis yaitu dengan menggunakan mikroorganisme. Istilah unit operasi biasanya digunakan untuk pengolahan secara fisika. Sedangkan untuk pengolahan secara kimia dan biologi digunakan istilah unit proses (Saptati N.H., 2018).

Pengolahan air limbah berdasarkan tingkat perlakukannya dikategorikan sebagai berikut :

1) Pra Pengolahan (*Pre-treatment*)

Proses pengolahan secara fisik yang dilakukan untuk menghilangkan atau menyisahkan padatan-padatan yang berukuran besar seperti, pasir, kerikil, dan sampah. Padatan-padatan ini dapat mengganggu proses pengolahan selanjutnya dan menyumbat pompa sehingga mengurangi efektivitasnya. Selain itu *pre-treatment* juga berfungsi untuk menyalurkan air limbah dari unit penghasil limbah ke bangunan pengolahan air limbahnya.

2) Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Proses pengolahan ini dilakukan untuk menghilangkan zat padat melalui pengendapan maupun pengapungan.

3) Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Proses pengolahan ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan organik pada air limbah dengan proses biologis.

4) Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Proses pengolahan ini dilakukan apabila pada pengolahan pertama maupun kedua, zat yang terkandung dalam air limbah masih belum memenuhi baku mutu

5) Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka akan dihasilkan lumpur yang berasal dari endapan-endapan yang terbentuk. Lumpur ini memerlukan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan.

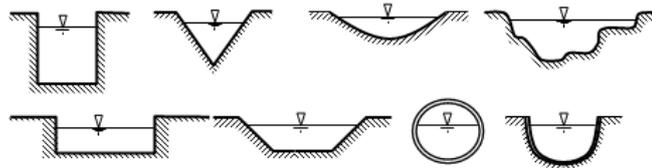
2.4.1 Pre-treatment

1) Saluran Pembawa

Saluran pembawa merupakan saluran yang digunakan untuk mengalirkan air limbah dari unit bangunan ke unit bangunan lainnya. Saluran pembawa dibedakan menjadi saluran pembawa tertutup (*pipe flow*) dan saluran pembawa terbuka (*open channel flow*).

Saluran pembawa tertutup (*pipe flow*) merupakan sistem saluran yang permukaan airnya tidak memiliki kontak dengan udara luar, sehingga saluran tertutup memiliki suatu tekanan hidraulik.

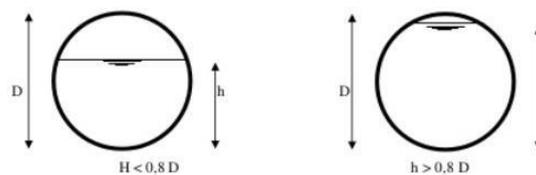
Gambar 2.1 Potongan Saluran Tertutup



(Sumber : Nasution, Ichwan Ridwan. 2005. Aliran Seragam Pada saluran. Sumatera Utara : Universitas Sumatera Utara)

Saluran terbuka (*open channel flow*) merupakan sistem saluran yang permukaan airnya memiliki kontak dengan udara luar. Saluran terbuka memiliki beberapa macam bentuk diantaranya segi empat, trapesium, segitiga, dan setengah lingkaran. Saluran ini biasanya terbuat dari dinding berbahan beton, sehingga dipengaruhi oleh koefisien koefisien *manning* (n)

Gambar 2.2 Potongan Saluran Terbuka



(Sumber : Nasution, Ichwan Ridwan. 2005. Aliran Seragam Pada saluran. Sumatera Utara : Universitas Sumatera Utara)

2) Bak penampung

Bak penampung adalah sebuah bak yang digunakan untuk menampung air limbah dari saluran pembawa. Bak penampung juga merupakan sebuah unit penyeimbang sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan.

Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah, ketika air limbah yang sudah dialirkan melalui saluran pembawa, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju bak penampung agar debitnya konstan.

2.4.2 Primary Treatment

1) 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 (Qasyim. 1999).

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

Berdasarkan mekanismenya pemisahannya :

- a. Bisa berlangsung secara fisik, yaitu tanpa penggunaan bahan untuk membantu percepatan flotasi, hal ini bisa terjadi karena partikel-partikel suspensi yang terdapat dalam air limbah akan mengalami tekanan ke atas sehingga mengapung di permukaan karena berat jenisnya lebih rendah dibanding berat jenis air limbah.
- b. Bisa dilakukan dengan penambahan bahan, yaitu : Udara atau bahan polimer yang diinjeksikan ke dalam cairan pembawanya, yang dapat mempercepat laju partikel ringan menuju permukaan. Untuk keperluan flotasi, udara yang diinjeksikan jumlahnya relatif sedikit ($\pm 0,2 \text{ m}^3$ udara) untuk setiap m^3 air limbah.

Semakin kecil ukuran gelembung udara maka proses flotasi akan semakin sempurna.

- Flotasi dengan Gelembung Halus (Micro Bubbles)

Proses Induced flotation yang menggunakan gelembung halus yang berdiameter 40-70 mikron disebut dissolved air flotation (DAF). Teknik yang umum digunakan untuk menghasilkan micro bubble adalah pressurization. Gelembung diperoleh dengan cara mengekspanci cairan yang telah banyak mengandung udara pada tekanan beberapa bar. Jenis tekanan yang dilepaskan akan menentukan kualitas gelembung yang dihasilkan. Cairan yang ditekan dapat dilakukan pada air baku (full-flow pressurizing) atau recycle air olahan (recycle pressurizing). Dua hal berikut perlu diperhatikan:

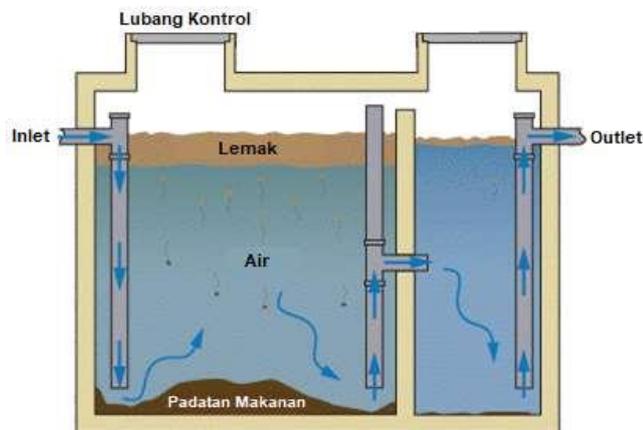
Pada proses klarifikasi air permukaan atau air industry digunakan sistem recycle pressurizing. Pada kasus pemekatan lumpur, digunakan full-flow pressurizing atau recycle pressuring.

- Flotasi Natural

Flotasi natural (alamiah) biasanya diterapkan pada proses pemisahan minyak. Pada flotasi ini kemungkinan didahului dengan proses penyatuan gelembung (micro droplets menempel satu dengan yang lain) untuk mencapai ukuran minimum sehingga terjadi pemisahan. Jenis flotasi yang digunakan dalam perancangan ini adalah grease trap. Penyisihan minyak dan lemak menggunakan grease trap dilakukan di awal sistem pengolahan untuk mencegah terjadinya gangguan pada unit pengolahan selanjutnya. Pada umumnya, grease trap terdiri dari dua kompartemen.

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa grease trap mampu menyisihkan hingga 80% minyak dan lemak (EPA, 1998), serta 50-80% BOD dan TSS (DPH, 1998).

Gambar 2.3 Skema Grease Trap



(Sumber : Kementerian PUPR, Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Limbah Tinja)

- Flotasi dengan Dibantu (*Aided Flotation*)

Flotasi ini adalah flotasi alamiah yang ditingkatkan dengan cara menyemburkan gelembung udara. Dalam sistem ini terdapat dua daerah. Daerah yang pertama adalah daerah untuk pencampuran dan emulsifying dan yang kedua adalah daerah penenang untuk proses flotasi.

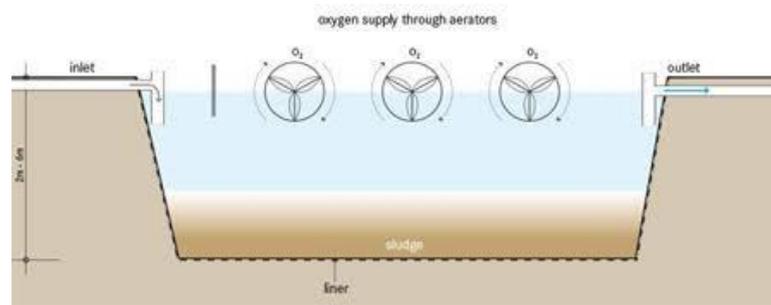
. Kompartemen pertama berfungsi untuk menyisahkan berbagai jenis padatan dalam lumpur tinja: padatan dengan berat jenis lebih berat dari air akan mengendap sedangkan padatan dengan berat jenis lebih ringan dari air (seperti minyak dan lemak) akan mengapung di permukaan air. Selanjutnya, kompartemen kedua berfungsi untuk memastikan bahwa minyak dan lemak tetap tertahan di dalam sistem dan tidak ikut terbawa air limbah mengalir menuju unit pengolahan selanjurnya. Minyak dan lemak yang tertahan tersebut harus dibersihkan secara berkala untuk menjaga kebersihan unit dan mencegah terjadinya penyumbatan.

2) Equalisasi

Fluktuasi konsentrasi beban pencemar yang terkandung

dalam aliran Influent air buangan sering terjadi dalam dunia industri. Dalam prosesnya, bak ekualisasi sering digunakan sebagai salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan pengolahan air buangan yang terjadi akibat adanya fluktuasi konsentrasi beban pencemar (Metcalf & Eddy, 2003).

Gambar 2.4 Bak ekualisasi



(Sumber : Kementerian PUPR, Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Limbah Tinja)

Bak Ekualisasi secara sederhana dapat diartikan sebagai bak yang digunakan untuk menstabilkan aliran air guna menghasilkan parameter pencemar yang konstan setiap waktu atau dapat juga dibidang relatif mendekati konstan sehingga dapat digunakan pada berbagai macam situasi, bergantung pada sistem pengumpulan yang digunakan. Adapun keuntungan penggunaan bak ekualisasi dalam sistem pengolahan air buangan diantaranya sebagai berikut:

1. Efektifitas pengolahan biologis dapat meningkat akibat dampak dari shock loading yang dapat diabaikan atau diminimalisir. Selain itu, dalam bak ekualisasi kehadiran senyawa-senyawa yang dapat menghambat kerja mikroorganisme dalam proses biologis juga dapat dilemahkan dan juga tingkat keasaman (pH) dapat distabilkan sehingga efektifitas pengolahan biologis akan semakin meningkat.
2. Kualitas effluen dan kemampuan pemadatan *sludge* pada pengolahan sekunder (Pengolahan biologis) akan meningkat karena adanya peningkatan konsistensi solid loading.

3. Kebutuhan luas permukaan media filtrasi dapat dikurangi, kemampuan penyaringan meningkat dan keseragaman perputaran aliran backwash dapat dikondisikan lebih rendah dari *hydraulic loading*.
4. Pada proses pengolahan secara kimiawi, kestabilan parameter pencemar dapat meningkatkan pengaturan proses pembubuhan senyawa kimia dan efektifitas pengolahan (Metcalf & Eddy, 2003).

Terlepas dari kerugian yang dapat ditimbulkan, bak ekualisasi merupakan salah satu langkah yang tepat guna meningkatkan efektifitas dan efisiensi pengolahan air buangan (Metcalf & Eddy, 2003).

3) Netralisasi

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa/alkali, maka sebelum diteruskan ke badan air penerima atau ke unit pengolahan secara biologis dapat optimal. Pada sistem biologis ini perlu diusahakan supaya pH berada diantara nilai 6,5 – 8,5. Bak netralisasi dapat dilihat pada Gambar 2.5

Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri dan adanya suatu kapasitas buffer yang terjadi karena ada produk CO₂ dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam.

- Larutan dikatakan asam bila : $H^+ > H^-$ dan $pH < 7$
- Larutan dikatakan netral bila : $H^+ = H^-$ dan $pH = 7$
- Larutan dikatakan basa bila : $H^+ < H^-$ dan $pH > 7$

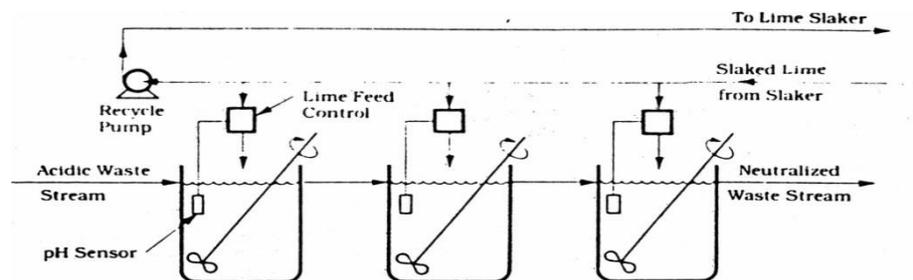
Ada beberapa cara menetralisasi kelebihan asam dan basa dalam limbah cair, seperti :

- Pencampuran limbah.
- Melewatkan limbah asam melalui tumpukan batu kapur.
- Pencampuran limbah asam dengan Slurry kapur.

- Penambahan sejumlah NaOH, Na₂CO₃ atau NH₄OH, CaO ke limbah asam.
- Penambahan asam kuat (H₂SO₄,HCl) dalam limbah basa.
- Penambahan CO₂ bertekanan dalam limbah basa.
- Pembangkitan CO₂ dalam limbah basa.

Adapun prinsip pencampuran di dalam bak netralisasi seperti pada Gambar dibawah ini

Gambar 2.5 Bak Netralisasi



(Sumber : Reynolds, 1982. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering)

4) Bak Pengendap I

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel solid dari suspensi menggunakan gaya gravitasi dimana suspensi terpisah menjadi cairan yang lebih jernih dan suspensi yang lebih pekat (Al Layla, 1978).

Salah satu pengolahan air minum dan air limbah yang paling umum digunakan adalah proses sedimentasi. Proses sedimentasi digunakan untuk menghilangkan partikel diskrit, flokulen, dan presipitat dalam pengolahan air. Proses sedimentasi dibagi menjadi 4 kategori berdasarkan konsentrasi suspensi dan partikel flokulen. 4 kategori tersebut adalah pengendapan diskrit, pengendapan flokulen, zona pengendapan, dan pengendapan kompresi (Al-Layla, 1978).

Pengendapan diskrit dan flokulen berkaitan dengan pencairan suspensi. Pada zona pengendapan, massa dari partikel flokulen pada suspensi secara keseluruhan tetap karena partikel

flokulen begitu dekat dan adanya gaya antar partikel menyebabkan mereka berada pada posisi relatif tetap satu sama lain.

Proses sedimentasi didesain untuk menghilangkan padatan yang dapat terendapkan oleh pengendapan gravitasi untuk dapat memaksimalkan unit proses selanjutnya seperti filtrasi. Proses sedimentasi dibagi menjadi 2 klasifikasi yaitu grit chamber (plain sedimentation) dan sedimentation tanks (clarifiers). Kriteria dari pengklasifikasian ini adalah ukuran, kualitas, dan nilai spesifik gravity dari partikel yang terpisahkan.

Tangki persegi panjang dengan aliran horizontal adalah konfigurasi tangki yang sering digunakan karena stabilitas hidroliknya. Tipe tangki ini juga dapat diprediksi performanya dan mampu untuk menyaingi flow rate yang dua kali lebih besar dari desain yang direkomendasikan tanpa perubahan signifikan pada kualitas airnya. Terlebih lagi, sistem aliran horizontal lebih mudah dioperasikan.

Banyak pertimbangan penting yang secara langsung dapat mempengaruhi desain sistem sedimentasi yaitu kandungan padatan terlarut dalam air baku, kecepatan pengendapan partikel yang akan diendapkan, kondisi iklim, karakteristik air baku, kondisi geologis di wilayah instalasi, tipe dan keseluruhan sistem sedimentasi, desain inlet dan outlet, metode penghilangan lumpur, serta bentuk tangki.

Dalam pengolahan air minum, karakteristik air baku perlu diperhatikan. Jika air baku yang digunakan berasal dari sungai tempat pernah terjadi banjir bandang, maka proses pengolahan sebaiknya menggunakan Grit chamber agar pasir dan lumpur dapat terendapkan. Grit chamber adalah proses plain sedimentation yang menghilangkan partikel diskrit yang berukuran $> 15 \mu\text{m}$.

Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

1. Zona Inlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar).

2. Zona Pengendapan

Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel- partikel diskrit di dalam air buangan.

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. Zona Outlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim *et al.*, 2000).

2.5 Pengolahan Tahap Kedua

Di dalam proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikro- organisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan aktifitas mikro- organisme biasa disebut dengan “Proses Biologis”.

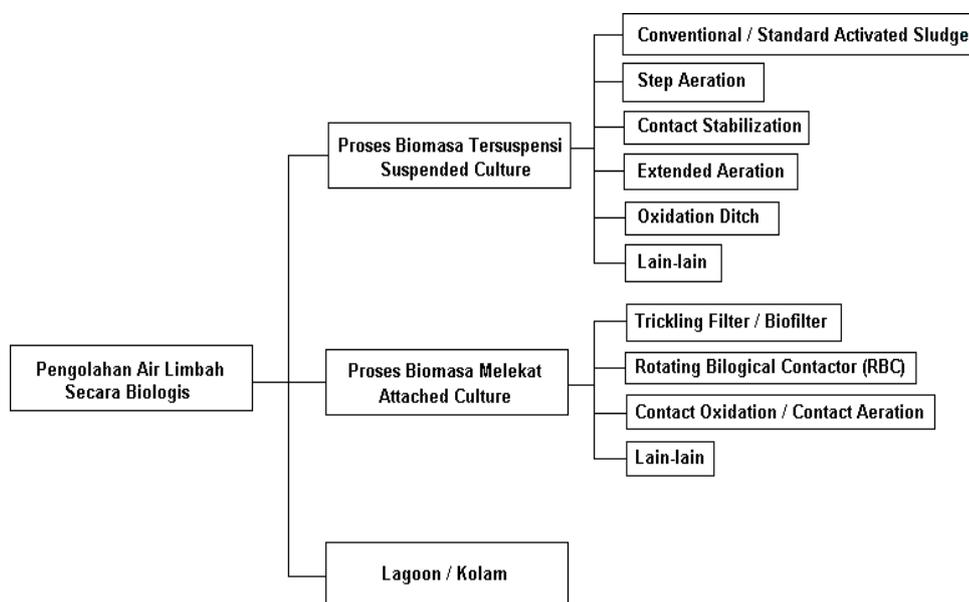
Pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam.

Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikro-organisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikro-organime yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini antara lain : proses lumpur aktif standar atau konvensional (*standard*

activated sludge), step aeration, contact stabilization, extended aeration, oxidation ditch (kolam oksidasi sistem parit) dan lainnya.

Proses biologis dengan biakan melekat yakni proses pengolahan limbah dimana mikro-organisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain : trickling filter, biofilter tercelup, reaktor kontak biologis putar (rotating biological contactor, RBC), contact aeration/oxidation (aerasi kontak) dan lainnya.

Gambar 2.6 Pengolahan air limbah secara biologis



Said, Nusa Idaman. 2008. Pengolahan Air Limbah Domestik Di DKI Jakarta “Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan”. Jakarta Pusat: BPPT. Cetakan I

Tabel 2.1 Pengolahan biologis proses biomassa tersuspensi

JENIS PROSES		EFISIENSI REMOVAL BOD (%)	KETERANGAN
PPROSES BIOMASA TERSUSPENSI	Lumpur Aktif Standar	85 - 95	-
	Step Aeration	85 - 95	Digunakan untuk beban pengolahan yang besar.
	Modified Aeration	60 - 75	Untuk pengolahan dengan kualitas air olahan sedang.
	Contact Stabilization	80 - 90	Digunakan untuk pengolahan paket. Untuk mereduksi eksek lumpur.

	High Rate Aeration	75 - 90	Untuk pengolahan paket, bak aerasi dan bak pengendap akhir merupakan satu paket. Memerlukan area yang kecil.
	Pure Oxygen Process	85 - 95	Untuk pengolahan air limbah yang sulit diuraikan secara biologis. Luas area yang dibutuhkan kecil.
	Oxidation Ditch	75 - 95	Konstruksinya mudah, tetapi memerlukan area yang luas.

Said, Nusa Idaman. 2008. Pengolahan Air Limbah Domestik Di DKI Jakarta “Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan”. Jakarta Pusat: BPPT. Cetakan I

Tabel 2.2 Pengolahan biologis proses biomassa melekat

JENIS PROSES		EFISIENSI REMOVAL BOD (%)	KETERANGAN
PROSES BIOMASA MELEKAT	Trickling Filter	80 - 95	Sering timbul lalat dan bau. Proses operasinya mudah.
	Rotating Biological Contactor	80 - 95	Konsumsi energi rendah, produksi lumpur kecil. Tidak memerlukan proses aerasi.
	Contact Aeration Process	80 - 95	Memungkinkan untuk penghilangan nitrogen dan fosfor.
	Biofilter Unaerobic	65 - 85	memerlukan waktu tinggal yang lama, lumpur yang terjadi kecil.

Said, Nusa Idaman. 2008. Pengolahan Air Limbah Domestik Di DKI Jakarta “Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan”. Jakarta Pusat: BPPT. Cetakan I

Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan Pengolahan biologis proses biomassa tersuspensi

JENIS PROSES		BEBAN BOD		MLSS (mg/l)	Q _A /Q	T (Jam)	EFISIENSI REMOVAL BOD (%)
		kg/kg SS.d	kg/m ³ .d				
PROSES BIOMASA TERSUSPENS	Lumpur Aktif Standar	0,2 - 0,4	0,3 - 0,8	1500 - 2000	3 - 7	6 - 8	85 - 95
	Step Aeration	0,2 - 0,4	0,4 - 1,4	1000 - 1500	3 - 7	4 - 6	85 - 95
	Modified Aeration	1,5 - 3,0	0,6 - 2,4	400 - 800	2 - 2,5	1,5 - 30	60 - 75
	Contact Stabilization	0,2	0,8 - 1,4	2000 - 8000	≥ 12	≥ 5	80 - 90
	High Rate Aeration	0,2 - 0,4	0,6 - 2,4	3000 - 6000	5 - 8	2 - 3	75 - 90
	Pure Oxygen Process	0,3 - 0,4	1,0 - 2,0	3000 - 4000	-	1 - 3	85 - 95
	Oxidation Ditch	0,03 - 0,04	0,1 - 0,2	3000 - 4000	-	24 - 48	75 - 95
	Extended Aeration	0,03 - 0,05	0,15 - 0,25	3000 - 6000	≥ 15	16 - 24	75 - 95

Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Pengolahan biologis proses biomassa melekat

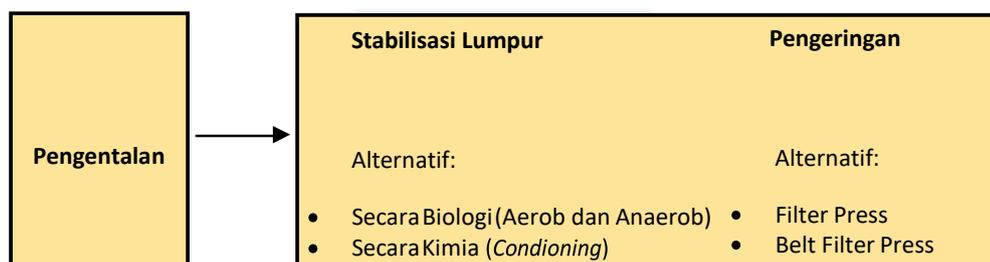
JENIS PROSES		BEBAN BOD		MLSS (mg/l)	QA/Q	T (Jam)	EFISIENSI REMOVAL BOD (%)
		kg/kg SS.d	kg/m ³ .d				
PROSES BIOMASA MELEKAT	Trickling Filter	-	0,08 - 0,4	-	-	-	80 - 95
	Rotating Biological Contactor	-	0,01 - 0,3	-	-	-	80 - 95
	Contact Aeration Process	-	-	-	-	-	80 - 95
	Biofilter Unaerobic	-	-	-	-	-	65 - 85

(sumber : Said, Nusa Idaman. 2008. Pengolahan Air Limbah Domestik Di DKI Jakarta “Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan”. Jakarta Pusat: BPPT. Cetakan I)

2.6 Pengolahan Lumpur

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. Tahapan pengolahan lumpur dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Gambar 2.7. Tahapan Pengolahan Lumpur



(Sumber : Kementerian PUPR, Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Limbah Tinja)

Lumpur yang akan diolah pada tahap ini bersumber dari sedimentasi pertama dan kedua. (Qasim *et al.*, 2000).

2.7 Profil Hidrolis

- 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 (saluran terbuka)

- a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- b. Kehilangan tekanan pada bak
- c. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus.

d. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan assesoris

e. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William” Q atau V diketahui

f. Kehilangan tekanan pada assesoris

Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S.

f. Kehilangan tekanan pada pompa

Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.

- 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 perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

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