

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karakteristik Air Limbah**

#### **2.2 Karakteristik yang Terkandung Pada Air limbah**

Menurut Peraturan Pemerintah No.101 tahun 2014, Limbah merupakan residu atau buangan dari aktivitas komersial (usaha) dan kegiatan manusia. Limbah dihasilkan dari kegiatan manusia secara individu atau kelompok, misalnya dari kegiatan industri, dimana residu dihasilkan dalam proses produksi, tidak seperti sampah yang banyak ditemui dari produk sisa aktivitas manusia sehari-hari atau proses alam dalam bentuk padat.

Parameter utama limbah industri pebekuan udang yang dapat diolah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan PermenLH No.5 Tahun 2014 yaitu pH, TSS, Amonia, BOD, COD, Minyak lemak air limbah. Enam parameter tersebut harus diolah dengan unit yang dirancang agar sesuai dengan baku mutu.

##### **2.2.1 pH**

pH atau keasaman digunakan untuk mengukur tingkat asam atau basa dalam suatu larutan. Konsentrasi ion hidrogen (pH) dapat diartikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen,

Mikroorganisme dalam pengolahan limbah secara optimal dapat hidup pada tingkat keasaman netral (pH) antara 6 dan 9. Limbah dengan tingkat keasaman tinggi (pH) sulit untuk diolah secara biologis, sehingga harus diolah terlebih dahulu di unit pengolahan tertentu (Metcalf & Eddy, 2003). pH netral yang diizinkan dalam baku mutu baik PermenLH No.5 Tahun 2014 maupun oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 yaitu sebesar 6 sampai 9.

##### **2.2.2 Total Suspended Solid (TSS)**

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan yang sulit mengendap, tersuspensi dan tidak larut dalam air. Padatan TSS sulit mengendap karena muatan elektrostatis dan gerak Brown, sehingga stabil dalam air. Padatan tersuspensi

berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air, yang ditentukan oleh jumlah cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan di dalam air.

Padatan tersuspensi yang termasuk dalam parameter TSS adalah senyawa padat yang tersuspensi dalam air. Padatan ini dapat berasal dari mineral seperti pasir yang sangat halus, lumpur, tanah liat, atau asam sulfat organik yang dihasilkan oleh dekomposisi tumbuhan atau hewan yang mati. Selain itu, padatan tersuspensi tersebut dapat berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteri, alga, virus dan lain-lain. Semua elemen ini biasanya menyebabkan air menjadi keruh atau berubah warna (Said, 2017). Kandungan TSS yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dan PermenLH No.5 Tahun 2014 untuk efluen adalah sebesar 100mg/L.

### **2.2.3 Amonia**

Nitrogen merupakan salah satu nutrisi terpenting dalam air limbah karena berperan dalam pertumbuhan mikroorganisme. Nitrogen berperan dalam proses sintesis protein, sehingga kadar nitrogen dapat digunakan untuk menilai apakah air limbah dapat diolah secara biologis atau tidak. Jumlah nitrogen di atmosfer, yang sebagian besar adalah 78% gas nitrogen, sangat terbatas nutrienya di lingkungan perairan dan area pertanian. Secara umum, makhluk hidup tidak dapat menggunakan gas nitrogen ini secara langsung, tetapi beberapa organisme khusus dapat mengubahnya menjadi nitrogen organik, dan proses yang berlangsung disebut fiksasi. Di lingkungan perairan, berbagai bakteri dan alga dapat memperbaiki nitrogen terlarut. Nitrogen organik yang disintesis oleh tumbuhan dan alga merupakan sumber nitrogen bagi hewan. Hewan melepaskan nitrogen dalam metabolismenya sebagai senyawa, yang kemudian termineralisasi oleh mikroorganisme dan nitrogen dilepaskan sebagai amonia. Proses yang sama terjadi ketika tumbuhan dan hewan mati dan terdekomposisi.

Salah satu bentuk nitrogen di perairan adalah amonia. Amonia nitrogen yang terdapat di perairan dijumpai dalam bentuk ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) atau gas ammonia ( $\text{NH}_3$ ). Kondisi tersebut bergantung dengan kondisi pH. Pada pH dibawah 7, amonia

nitrogen lebih dominan dalam bentuk ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Grafik distribusi jumlah gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (Metcalf & Eddy, 2003).

#### **2.2.4 Biological Oxygen Demand (BOD)**

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah parameter ukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan hampir semua bahan organik terlarut dan tersuspensi dalam air limbah. Penguraian bahan organik mengacu pada kebutuhan bahan organik sebagai makanan dan energi selama proses oksidasi oleh organisme. BOD digunakan untuk mengukur besaran karbon organik yang dapat diuraikan secara biologis. Dalam hal ini, BOD diukur dengan menggunakan pendekatan periode 5 (lima) hari atau disebut juga dengan BOD<sub>5</sub>. Waktu 5 hari mempresentasikan sebagian dari total BOD. Selama 5 hari, mikroorganisme secara alami dapat menguraikan 70% material organik (Perry, 1998).

BOD<sub>5</sub> dinilai lebih representatif untuk menggambarkan fenomena oksidasi materi organik dalam air limbah karena dalam kondisi tertentu air limbah domestik dapat mengandung senyawa nitrogen organik, amonia, dan nitrit yang berpotensi membutuhkan oksigen untuk teroksidasi menjadi nitrat. Reaksi ini dapat terjadi pada hari ke-6. BOD<sub>5</sub> juga telah menjadi metode yang disetujui dan diterapkan oleh 5 U.S. Environmental Protection Agency (EPA) dalam pemantauan kualitas air limbah domestik (Dirjen Cipta Kerja Kementrian PUPR, 2018). Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dan PermenLH No.5 Tahun 2014 menetapkan Kandungan BOD sebesar 100mg/L.

#### **2.2.5 Chemical Oxygen Demand (COD)**

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan supaya bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Metcalf & Eddy, 2007). Jika konsentrasi senyawa organik dan anorganik cukup tinggi, oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol, yang berarti tanaman air, ikan, dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak dapat hidup. Nilai COD selalu lebih tinggi dari BOD akhir, walaupun kedua nilai tersebut bisa saja sama, namun hal

ini sangat jarang terjadi. Hal ini dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit dioksidasi secara biologis, misalnya lignin yang hanya dapat dioksidasi secara kimiawi, zat anorganik yang dioksidasi oleh dikromat akan meningkatkan kandungan organik, zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang diperlukan untuk pengujian BOD, nilai COD tinggi ini mungkin karena zat anorganik bereaksi dengan dikromat (Dirjen Cipta Kerja Kementerian PUPR, 2018). Kandungan COD yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dan PermenLH No.5 Tahun 2014 untuk efluen adalah sebesar 200mg/L.

### **2.2.6 Minyak Lemak**

Minyak dan lemak merupakan senyawa organik yang berasal dari alam dan tidak dapat larut di dalam air namun dapat larut dalam pelarut organik non-polar. Minyak dan lemak dapat larut karena memiliki polaritas yang sama dengan pelarut organik non-polar, contohnya adalah dietil eter ( $C_2H_5OC_2H_5$ ), kloroform ( $CHCl_3$ ), dan benzena (Ginting & Herina, 2002). Minyak dan lemak termasuk salah satu anggota golongan lipid yaitu merupakan lipid netral (Ketaren, 1986). Berdasarkan sifat fisiknya, minyak dan lemak merupakan senyawa yang tak larut dalam air yang diestruktur dari organisme hidup menggunakan pelarut yang kepolarannya lemah atau pelarut non polar (Ngili, 2009). Minyak dan lemak merupakan campuran lipid yang terdiri dari *triacylglycerols* 95% dan sisanya adalah *diacylglycerols*, *monoacylglycerols* dan *free fatty acids* (FFA) (Gunston, 2004).

Minyak dan lemak dapat berbahaya bagi lingkungan apabila melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Minyak dan lemak yang terdapat di perairan akan berada di lapisan permukaan karena memiliki massa jenis yang lebih rendah dari air. Lapisan minyak dan lemak yang terakumulasi akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga tumbuhan air tidak mampu melakukan fotosintesis. Selain itu, minyak dan lemak mampu mengikat oksigen yang dibutuhkan biota air untuk respirasi. Penurunan estetika ekosistem perairan juga akan terjadi apabila ada pencemaran minyak dan lemak

## **2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan**

Pengolahan air buangan industri tahu ini bertujuan untuk mengurangi parameter pencemar yang lebih dari baku mutu yang ditetapkan. Diantaranya adalah BOD, COD, TSS, dan pH. Bangunan pengolahan air buangan memiliki beberapa kelompok/tingkatan pengolahan yaitu:

### **2.3.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)**

Tahapan awal dalam proses pengolahan air limbah yaitu pengolahan pendahuluan yang berfungsi untuk menghilangkan pengotor tertentu maupun menstabilkan air limbah agar dapat diterima di unit pengolahan selanjutnya. Unit pengolahan pendahuluan secara umum dalam pengolahan pendahuluan atau pre-treatment adalah intake & screening/shredding, grit removal, flow equalization, pra-sedimentasi, dan quality equalization.

#### **a. Saluran Pembawa**

Saluran Pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolah air limbah lainnya. Saluran pembawa memiliki 2 bentuk yaitu persegi dan lingkaran. Saluran pembawa yang berbentuk persegi maupun lingkaran ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton maupun pipa penyaluran, keduanya dapat di desain secara tertutup maupun terbuka pada proses penyaluran air limbah (Hermana et al., n.d.). Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi 10 antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Umumnya setiap 10 meter saluran pembawa terdapat bak kontrol yang akan mengontrol debit yang dikeluarkan. Air tidak akan mengalir jika saluran tersebut datar, maka dibutuhkan kemiringan (slope) (Nasoetion et al., 2017).

Saluran pembawa dibagi 2, yaitu saluran terbuka (open channel flow) dan saluran tertutup (pipe flow). Saluran terbuka (open channel flow) adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, diantaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut. Saluran tertutup (pipe

flow) adalah sistem saluran yang permukaannya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sistem sewerage. Namun walaupun tertutup, alirannya tetap mengikuti gravitasi seperti halnya saluran terbuka. 10 Adapun kriteria perencanaan yang disediakan untuk saluran pembawa pada pengolahan air limbah antara lain:

- Kecepatan aliran ( $v$ ) = 0,3 – 2,4m/s
- Kemiringan (slope) maksimal = 1,10 – 3m/m
- Freeboard saluran = 5-30%
- Dimensi saluran direncanakan ( $W_s$ ) =  $B = 2H$
- Kekasaran saluran ( $n$ ) = 0,011 – 0,020 (saluran terbuka bahan beton)

(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, Hidraulika II, Table 4.2 Harga Koefisien Manning)

**Tabel 2.1** Kriteria Desain Saluran Pembawa

<b>Bahan Batas</b>	<b>n Manning</b>
Kayu yang diketam (diserut)	0,012
Kayu yang tidak diserut	0,012
Beton yang dihaluskan	0,013
Beton yang tidak dihaluskan	0,014
Besi tuang	0,015
Bata	0,016
Baja yang dikeling	0,018
Logam bergelombang	0,022
Batu-batu	0,025
Tanah	0,025
Tanah dengan batu/rerumputan	0,035
Kerikil	0,029

Sumber: Spellman, F. R. (2013). Water & wastewater infrastructure: Energy efficiency and sustainability. Halaman 285

**b. Unit Screening**

Screening atau biasa disebut dengan bar screen digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran >0,5-1,0cm sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2007). Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi/dipadatkan sebelum akhirnya dibuang. Peran utama screening adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu:

- 1) merusak peralatan unit pengolahan berikutnya;
- 2) mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan
- 3) mencemari saluran air. Adapun jenis dari bar screen adalah *fine screen* (saringan halus) dan *coarse screen* (saringan kasar).

Sedangkan menurut mekanisme operasinya terdapat 2 jenis bar screen yaitu dengan pembersihan manual dan mekanik (Reynold & Richard, 1996). Umumnya unit bar screen dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring ke arah masuknya air (inlet) dengan kemiringan 30° – 45° dari horizontal (Metcalf & Eddy, 2007). Tebal batang biasanya 5-15mm dengan jarak antar batang 25 hingga 50mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. Bar screen dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (Qasim & Zu, 2017). Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain screen dengan pembersihan secara manual maupun mekanis baik coarse screen maupun fine screen adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.2** Kriteria Desain Bar Screen

Parameter	U.S Customasry Units	Satuan Internasional
-----------	----------------------	----------------------

	Metode pembersihan		Metode pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Ukuran Batang				
Lebar	0,2-0,6	0,2-0,6	5-15	5-15
Kedalaman	1,0-1,5	1,0-1,5	23-38	25-38
Jarak antar batang	1,0-2,0	0,6-0,3	25-50	15-75
Parameter lain				
Kemiringan thd vertical (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 maks	6 in	5 – 24 in	150 mm	150-600 mm

Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Halaman 315-316

### c. Unit Bak Penampung

Bak penampung merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung dan menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi di bak penampung maksimum adalah 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk (inlet) atau saluran pembawa agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak penampung, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata (Metcalf & Eddy, 2007)

Manfaat utama dari aplikasi bak penampung antara lain: (1) pengolahan biologis dapat dioptimalkan karena shock loading rate mampu dikurangi/dicegah, zat penghambat dapat diencerkan; (2) kualitas efluen dan kinerja tangki sedimentasi

sekunder setelah pengolahan biologis air limbah mampu dioptimalkan melalui peningkatan konsistensi dalam pemuatan padatan; (3) kebutuhan luas permukaan 16 dalam unit filtrasi dapat dikurangi, kinerja filter ditingkatkan, dan siklus backwash pada filter yang lebih seragam dimungkinkan dilakukan dengan muatan hidrolis yang lebih rendah (efisiensi penggunaan); (4) dalam pengolahan kimia, mampu mengurangi penggunaan bahan kimia akibat ketidakstabilan parameter yang fluktuatif setiap jamnya. Namun unit bak penampung juga memiliki kekurangan diantaranya adalah: (1) memerlukan area/lokasi yang cukup luas; (2) mampu menimbulkan bau akibat waktu detensi limbah awal; (3) memerlukan operasi dan biaya tambahan sehingga biaya meningkat (Metcalf & Eddy, 2007)

Terdapat beberapa komponen utama dan pendukung yang harus diperhatikan dalam melakukan perencanaan bak penampung, antara lain (Dirjen Cipta Kerja Kementerian PUPR, 2018)

- Rumah pompa, digunakan untuk mengatur debit air limbah yang akan masuk pada unit pengolahan selanjutnya, sehingga diperoleh debit harian rata-rata.
- Mixer/aerator, komponen ini berfungsi untuk menyeragamkan air limbah domestik, khususnya terkait dengan kualitas dan parameter seperti pH, endapan diskrit, dan parameter lain yang tidak sesuai untuk unit pengolahan selanjutnya, penggunaan mixer/aerator dapat menjadi opsi dalam perencanaan unit bak penampung dalam pengolahan air.

### **2.3.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)**

Pengolahan primer bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel padat organik dan anorganik melalui proses fisika, yaitu sedimentasi atau flotasi. Partikel padat organik akan dibuat mengendap (sludge) sedangkan minyak dan lemak akan berada di atas permukaan (grease). Instalasi pada tahap pengolahan primer diantaranya adalah sedimentasi primer dan flotasi.

#### **a. Unit Grease Trap**

Grease Trap merupakan pengolahan limbah secara fisik yang berguna memisahkan minyak dan lemak dengan kecepatan lambat. Kecepatan yang lambat akan memberikan waktu untuk minyak dan lemak terpisah dari air dengan gaya gravitasi. Minyak dan lemak yang telah terpisah akan ditampung pada sebuah wadah pembuangan.

Untuk mengambil zat-zat yang tercampur selain dengan cara pengendapan dapat juga dilakukan dengan cara pengapungan. Flotasi adalah unit operasi yang digunakan untuk menyisahkan minyak dan lemak dalam air limbah agar tidak mengganggu sistem pengolahan selanjutnya. 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. Kompartemen pertama berfungsi untuk menyisahkan berbagai jenis padatan dengan berat jenis yang lebih ringan daripada 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 dalam aliran air menuju proses selanjutnya (Dirjen Cipta Kerja Kementerian PUPR, 2018).

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

1. Yang paling umum adalah grease trap pasif, yaitu titik perangkat sederhana yang digunakan di bawah kompartemen bak cuci dalam dapur. Grease trap ini membatasi aliran dan menghapus 85-90% dari lemak dan minyak yang masuk. Makanan padat bersama dengan lemak, minyak, dan lemak akan terjebak dan disimpan dalam perangkat ini.
2. jenis yang paling umum kedua adalah tangki in-ground berukuran besar, yang biasanya 500-2000 galon. Unit-unit ini dibangun dari beton, fiberglass, atau 20

baja. Dengan sifat ukuran lebih besar, perangkat ini memiliki kapasitas penyimpanan lemak dan limbah padat yang lebih besar untuk aplikasi aliran limbah yang tinggi seperti pada restoran atau rumah sakit. Trap ini biasa disebut pencegat gravitasi (*gravity interceptors*). Pencegat / trap memerlukan waktu retensi dari 30 menit untuk memungkinkan lemak, minyak, gemuk dan limbah padat makanan untuk menetap di tangki. Semakin banyak limbah masuk ke tangki maka begitu pula air yang bebas lemak didorong keluar dari tangki.

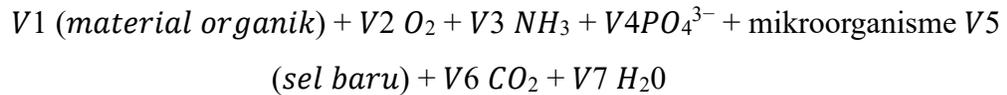
3. Jenis ketiga yaitu sebuah sistem GRD (*Grease Recovery Devices* / Perangkat Pemulihan Lemak), menghapus lemak / minyak permukaan secara otomatis ketika terjebak.

### **2.3.3 Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)**

Air limbah umumnya mengandung polutan organik yang berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan. Penguraian senyawa organik pada air limbah 32 sebagian besar menggunakan aktivitas mikroorganisme sehingga disebut dengan proses biologis. Tujuan dari pengolahan biologis pada air limbah adalah sebagai berikut; (1) mengubah (mengoksidasi) konstituen biodegradable terlarut dan partikulat menjadi produk akhir yang dapat diterima; (2) menangkap dan menggabungkan padatan koloid tersuspensi dan nonsettleable menjadi flok biologis atau biofilm; (3) mengubah atau menghilangkan nutrisi dan unsur biologis yaitu karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan fosfor (P), dan (5) menghilangkan konstituen dan senyawa kecil organik tertentu (Metcalf & Eddy, 2007).

Pengolahan sekunder akan memisahkan koloidal dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dilakukan secara aerobik maupun anaerobik dengan efisiensi reduksi BOD antara 60 - 90 % serta 40- 90 % TSS (Qasim & Zu, 2017). Penghilangan partikulat dan BOD karbon terlarut dan stabilisasi materi organik yang ditemukan dalam air limbah dilakukan secara biologis dengan menggunakan berbagai macam mikroorganisme, terutama bakteri. Mikroorganisme digunakan untuk mengoksidasi atau mengubah materi organik terlarut dan partikel

karbon menjadi produk akhir yang sederhana dan biomassa sebagai produk sampingan. Persamaan dari proses tersebut adalah sebagai berikut:



Oksigen ( $O_2$ ), amonia ( $NH_3$ ), dan fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) digunakan untuk mewakili nutrisi yang dibutuhkan untuk konversi dari bahan organik untuk produk akhir yang sederhana yaitu karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan air. Mikroorganisme juga digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dalam proses pengolahan air limbah. Bakteri tertentu mampu mengoksidasi amonia (nitrifikasi) menjadi nitrit dan nitrat, sementara bakteri lainnya dapat mengurangi nitrogen teroksidasi menjadi gas nitrogen. Untuk penghilangan fosfor, proses biologis dikonfigurasi untuk mendorong pertumbuhan bakteri dengan kemampuan untuk mengambil dan menyimpan sejumlah besar fosfor anorganik.

Biomassa memiliki berat jenis sedikit lebih besar dari air sehingga biomassa dapat dihilangkan dari air limbah yang diolah dengan pengendapan gravitasi. Penting untuk dicatat bahwa kecuali biomassa yang dihasilkan dari bahan organik akan dihapus secara periodik, pengolahan lengkap belum dicapai karena biomassa, yang merupakan organik, akan diukur sebagai BOD dalam efluen. Biomassa akan dihilangkan pada sistem sedimentasi sekunder yaitu sedimentasi setelah pengolahan biologis terjadi.

Adapun kriteria yang harus diperhatikan dalam memilih unit pengolahan sekunder dengan tepat, diantaranya adalah:

1. Efisiensi pengolahan, ditujukan agar unit yang dirancang mampu mengolah air limbah hingga memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.
2. Aspek teknis, dari segi konstruksi menyangkut teknis pelaksanaan seperti ketersediaan tenaga ahli, kemudahan mendapatkan material konstruksi, instalasi bangunan, dan ruang yang digunakan. Segi operasi dan pemeliharaan menyangkut kemudahan pengoperasian dan pemeliharaan instalasi air limbah.

3. Aspek ekonomis, menyangkut masalah pembiayaan (finansial) dalam hal konstruksi operasi, dan pemeliharaan IPAL.
4. Aspek lingkungan, menyangkut kemungkinan terjadinya gangguan yang dirasakan oleh penduduk akibat ketidakseimbangan faktor biologis dan dampak lain seperti bau dan pencemaran suara.

Adapun beberapa contoh unit pengolahan sekunder yang digunakan adalah trickling filter dengan penjelasan sebagai berikut:

**a. Trickling Filter**

Trickling filter adalah sebuah unit pengolahan air limbah yang dapat menurunkan beban organik yang terdapat dalam air buangan dengan cara mengalirkannya pada media yang permukaannya diselubungi oleh lumpur aktif sebagai biological film. Filter yang digunakan batu-batuan, pasir, granit dan lainlain dalam berbagai ukuran mulai dari diameter  $\frac{3}{4}$  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 berada 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 hidrolis pada trickling filter tersebut. Beban hidrolis memberikan kecepatan daya gerus biofilm sedangkan beban organik memberikan kecepatan daya dalam biofilm. Berdasarkan beban hidrolis dan organik maka dapat dikelompokkan tipe trickling filter low rate dan high rate.

Trickling filter terdiri dari suatu bak dengan media permeable untuk pertumbuhan mikroorganisme. Filter media biasanya mempunyai ukuran diameter 25 – 100 mm, kedalaman filter berkisar 0,9 – 2,5 mm (rata-rata 1,8) media filter dapat mencapai 12 m yang disebut sebagai tower trickling filter.

Air limbah didistribusikan pada bagian atas dengan satu lengan distributor yang dapat berputar. Filter juga dilengkapi dengan underdrain untuk mengumpulkan biofilm yang mati untuk kemudian diendapkan dalam bak sedimentasi. Bagian cairan yang keluar biasanya dikembalikan lagi ke trickling filter sebagai air pengencer air baku yang diolah (Reynold & Richard, 1996)

#### **2.3.4 Sludge Treatment (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. Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge

memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena (Metcalf & Eddy, 2007):

- a. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel untuk menimbulkan bau.
- b. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- c. Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid).

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

**a. Bak Pengereng Lumpur (Sludge Drying Bed)**

Prinsip bak pengereng lumpur yaitu mengeluarkan air lumpur melalui media pengereng 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 pengereng lumpur. Bak pengereng 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 pengereng alami dengan matahari, maka air akan berkurang melalui saringan dan proses penguapan. Kelebihan bak pengereng lumpur adalah sistem operasi yang mudah dan sederhana serta biaya operasional rendah. Kelemahan bak pengereng lumpur adalah membutuhkan lahan yang cukup luas dan sangat bergantung dengan cuaca (Dirjen

Cipta Kerja Kementerian PUPR, 2018). Adapun kriteria perencanaan untuk unit SDB antara lain sebagai berikut:

**Tabel 2.3** Kriteria Desain Sludge Drying Bed

No	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
	Tebal pasir	23-30	Cm	(Qasim, 1985)
	Tebal kerikil	20-30	Cm	
	Sludge loading rate	100-300	Kg/m <sup>2</sup> .tahun	
	Tebal bed	20-30	Cm	
	Lebar bed	5-8	M	
	Panjang bed	6-30	M	
	Waktu Pengeringan	10-15	Hari	
	Uniformity coefficient	<4		
	Effective size	0,3-0,75	Mm	
	V air dalam inlet	0,75	m/detik	
	V air dalam drain	0,75	m/detik	
	Tebal lumpur	20-300	Mm	(Metcalf & Eddy, 2003)
	Kecepatan Pipa Underdrain	0,75	m/detik	
	Diameter Pipa Underdrain	>100	mm	
	Koef keseragaman	<4		
	Ukuran efektif	0,3-0,785		
	Slope	>1		
	Rasio lebar:panjang	6:6-30		

Sumber:Ditjen Cipta Karya, 2018