

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Industri

Setiap industri memiliki karakteristik limbah yang berbeda-beda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Limbah cair PT.SIER (Surabaya Industrial Estate Rungkut) berasal dari kegiatan proses produksi berbagai pabrik-pabrik yang ada di Kawasan Industri tersebut. Kawasan Industri PT.SIER memiliki karakteristik limbah cair, menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair Kawasan Industri, diantaranya :

1. COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi dan dinyatakan dalam mg/L (Sugiharto, 1987).

COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk oksidasi material organik dengan MnO_4^- dan $Cr_2O_7^{2-}$ dalam larutan asam. Proses ini mengoksidasi hampir semua (95%) zat organik menjadi karbon dioksida dan air. Keuntungan pengukuran COD adalah karena hasilnya dapat diperoleh secara tepat (dalam waktu 3 jam). Tempat kerugiannya adalah kurang akuratnya proporsi bahan buangan yang dapat dioksidasi oleh bakteri (Mara, 1995).

Kandungan COD pada air buangan kawasan industri ini adalah 3000 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang di perbolehkan di buang ke lingkungan adalah sebesar 100 mg/L.

2. BOD (Biological Oxygen Demand)

Biological Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen biokimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik secara biologi dan dinyatakan dalam mg/L (Sugiharto, 1987).

Kandungan BOD pada air buangan kawasan industri adalah 1500 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang di perbolehkan di buang ke lingkungan adalah sebesar 50 mg/L.

Kebutuhan oksigen biokimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan buangan dengan bakteri. Jadi, BOD merupakan ukuran konsentrasi bahan organik dalam bahan buangan yang dapat di biodegradasikan oleh bakteri secara aerobik. BOD biasanya dinyatakan dalam ketentuan BOD₅₂₀, yaitu sebagai oksigen yang dipakai dalam oksidasi bahan buangan organik selama 5 hari pada temperatur 20°C. Hal ini dikarenakan BOD 5 hari lebih mudah diukur dan suhu 20°C merupakan tipikal temperatur air pada musim panas, sehingga mendekati optimum untuk bakteri di lingkungan air. Pada semua temperatur seperti yang ada diluar, dimana aktivitas biologis berlangsung, tahap pertama meningkat sampai 5 hari. Sudah dipertimbangkan bahwa sewage domestik normal memiliki BOD₅₂₀ sebesar 200-300 mg/L, dan nilai untuk buangan industri mungkin sekitar 3000 mg/L atau sekitar 10 kali lipatnya (Metcalf & Eddy, 1991).

3. TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak mengendap. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lainnya. Partikel menurunkan intensitas cahaya yang tersuspensi dalam air, umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran hewan, sisa tanaman, kotoran manusia dan limbah industri (Azwir, 2006).

Total Suspended Solid dalam air buangan kawasan industri ini adalah 1000 mg/lt, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kadar padatan yang tersuspensi (TSS) yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 150 mg/lt.

Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi tersebut akan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan, sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan akan menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik (Blomm, 1940).

Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan (Tarigan & Edward, 2003).

4. Minyak & Lemak

Istilah minyak dan lemak, seperti yang umum digunakan, termasuk lemak, minyak, dan lilin ditemukan dalam air limbah. Istilah lemak dan minyak telah banyak digunakan oleh literatur. Kandungan minyak dan lemak dari air limbah dengan ekstraksi sampel limbah dengan trifluoroethane trikloro (minyak dan lemak yang larut dalam trifluoroethane trikloro).

Minyak dan lemak secara kimiawi sangat mirip, mereka adalah senyawa ester dari alkohol atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Asam lemak gliserid yang cair pada suhu normal disebut minyak dan yang padat disebut lemak (grease).

Jika minyak tidak dihilangkan sebelum air limbah diolah, dapat mengganggu kehidupan biologis di permukaan perairan permukaan dan membuat lapisan tembus cahaya. Ketebalan minyak yang diperlukan untuk membentuk sebuah lapisan tembus cahaya di permukaan badan air sekitar 0,0003038 mm (0,0000120 in) (Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 98).

Kandungan minyak dan lemak air buangan kawasan industri ini adalah 200 mg/lit, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 15 mg/lit (Peraturan Gubernur No. 72 Tahun 2013).

5. Derajat Keasaman (pH)

Konsentrasi ion hidrogen atau yang biasa disebut derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang penting baik untuk air maupun air limbah. pH memiliki definisi logaritma negatif pada konsentrasi ion hidrogen.

$$\text{pH} = -\log_{10}(\text{H}^+)$$

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 mengubah kondisi di perairan alami (Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 57).

pH air buangan kawasan industri adalah 7, sedangkan baku mutu yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah dalam batas 6-9. (Peraturan Gubernur No 72 Tahun 2013), jadi air limbah dengan nilai pH 7 boleh langsung dibuang ke badan air.

6. Tembaga

Limbah ini jika langsung dibuang ke saluran peresapan, riol, tanah atau ke lingkungan sekitar akan berpotensi mencemari air dan sungai. Sebagian besar limbah domestik mengandung logam berat, bersifat racun, tahan lama, dan dapat memasuki tubuh atau organ serta tinggal menetap didalam tubuh dalam jangka waktu yang lama. Dampak akut dari logam berat Cu adalah, pusing, mual, keram perut dampak kronis terjadinya kerusakan organ jaringan seperti gangguan ginjal dan liver.

7. Seng

Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai, dapat terakumulasi dalam organisme

termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkomsumsi organisme tersebut (Anggraini, 2007).

Adanya logam berat seng (Zn) di dalam air yang melampaui batas dapat menyebabkan gangguan kesehatan terhadap manusia yang mengkonsumsinya, walaupun seng merupakan logam yang dibutuhkan oleh tubuh namun berbahaya jika melebihi ambang batas dan dapat menimbulkan rasa kesat pada air dan dapat menimbulkan gejala muntaber (Effendi,2003)

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan Pengolahan Air Buangan mempunyai kelompok tingkat pengolahan, pengolahan air buangan dibedakan atas:

2.2.1. Pengolahan Pendahuluan (Pretreatment)

Proses pengolahan awal ini merupakan proses pada awal pengolahan secara fisik yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung yang berukuran besar atau sedang dari pasir agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Adapun tujuan pengolahan ini menyortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak. Selain itu pretreatment juga berfungsi untuk memindahkan atau menyalurkan air limbah dari unit operasi produk industri yang menghasilkan limbah ke bangunan pengolahan air limbahnya. Unit proses pengolahan untuk pretreatment untuk kawasan industri meliputi:

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 pembawa 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 ukuran *screen* lebih besar dari saluran, maka peletakan *screen* dipasang di bak kontrol.

Tabel 2.1 Tipe-Tipe Saluran Pembawa

| Tipe | Gambar | Keuntungan & Permasalahan | Kekhasan Strukturnya |
|------------------------------------|---|--|--|
| Saluran Terbuka |  | <p><u>Keuntungan :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Relatif Murah 2. Mudah dalam konstruksinya <p><u>Permasalahan:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kemungkinan aliran sedimen dari lereng di atasnya 2. Tingginya tingkat jatuh daun – daunan | <p>Saluran tanah sederhana, Jalur saluran (jalur pasangan batu basah atau kering, jalur beton), pagar saluran (terbuat dari kayu, beton, atau tembaga), jalur saluran berbentuk lembaran, saluran berbentuk setengah tabung (seperti pipa – pipa yang berbelok – belok, dll)</p> |
| Pipa Tertutup/ Saluran Tertutup |  | <p><u>Keuntungan:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pada umumnya volume pekerjaan tanahnya besar 2. Rendahnya rata – rata sedimen dan daun – daunan yang jatuh di saluran | <p>Tabungnya yang dipendam (hume,PVC, atau FRPM), Box culvert, Pagar saluran dengan tutupnya</p> |

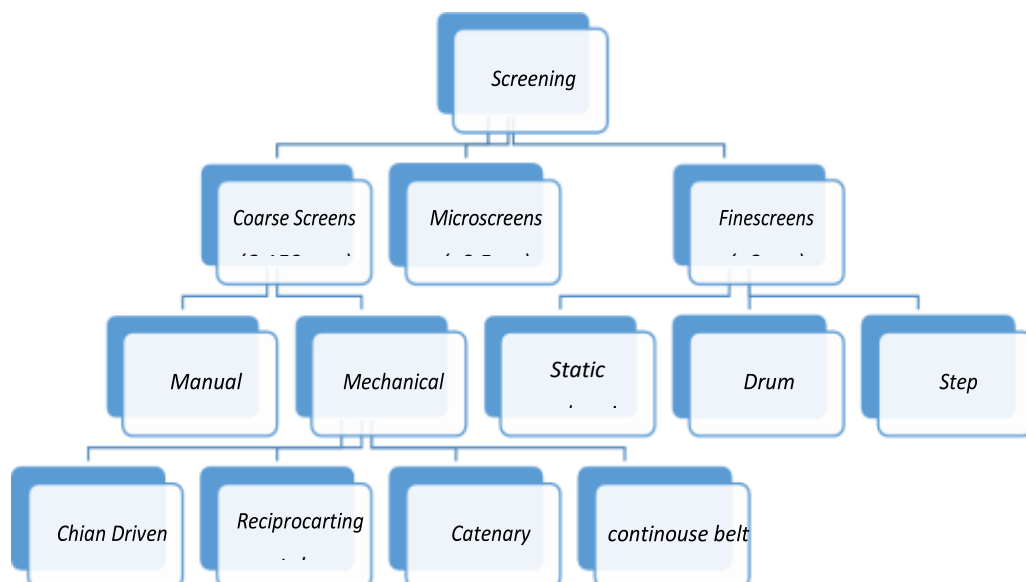
| | | | |
|--|--|--|--|
| | | <p>Permasalahan:</p> <p>1. Sulitnya merawat dan meninjau saluran, termasuk pembersihan dan perbaikannya</p> | |
|--|--|--|--|

Sumber: Slidshare

2. Penyaringan (*Screening*)

Penyaringan merupakan unit operasi pertama dalam pengolahan air limbah. Fungsi penyaringan ini adalah untuk menghilangkan zat padat yang kasar. Pada umumnya proses tersebut dengan jalan melewati air limbah melalui saringan kasar untuk menghilangkan benda-benda yang besar.

Bagian-bagian dari *screening* terdiri dari batang-batang yang dipasang secara paralel yang biasa disebut sebagai “*bar rack*” atau *screen* kasar yang digunakan untuk menghilangkan bahan-bahan yang kasar. Berikut merupakan bagan dari tipe-tipe *screening*:



Gambar 2.1 Bagan Tipe Screening (*Metcalf and Eddy 4th edition, 2004*)

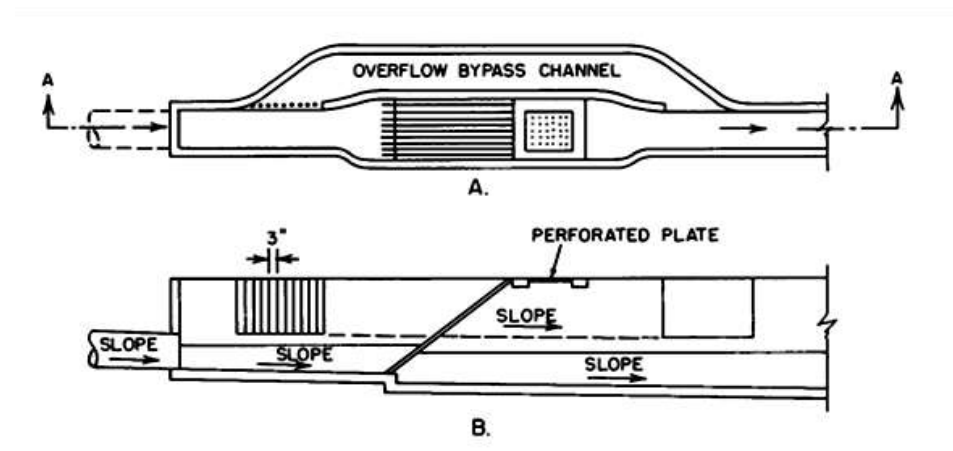
a. Penyaring Kasar (*Coarse Screens*)

Screen ini berbentuk seperti batangan paralel yang biasa dikenal dengan “*bar screen*”. Penyaring kasar (*Coarse Screens*) ini berfungsi untuk menyaring padatan kasar yang berukuran dari 6-150 mm, seperti ranting kayu, kain, dan sampah –sampah lainnya. Dalam pengolahan air limbah screen ini digunakan untuk melindungi pompa, *valve*, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda –benda tersebut. *Bar screen* terbagi lagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik. Berikut merupakan kriteria desain penyaring kasar (*Coarse Screen*), baik dalam model manual maupun model mekanik yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3**, sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kriteria *Coarse Screen*

| Bagian-Bagian | Manual | Mekanikal |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Ukuran kisi | | |
| - Lebar | 5 – 15 mm | 5 – 15 mm |
| - Dalam | 25 – 38 mm | 25 – 38 mm |
| Jarak antar kisi | 25 – 50 mm | 15 – 75 mm |
| Sloop | 30 ⁰ - 45 ⁰ | 0 ⁰ - 30 ⁰ |
| Kecepatan melalui bar | 0.3 – 0.6 m/det | 0.6 – 1.0 m/det |
| Head Loss | 150 mm | 150 - 600 mm |

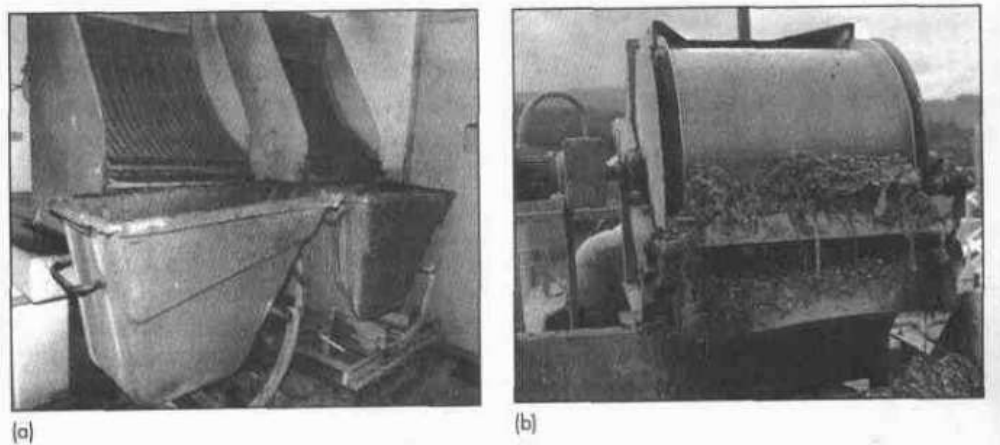
Sumber : *Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004*



Gambar 2. 2 *Bar Screen* Pembersihan Manual (*Syed R. Qasyim, WWTP, Planing, Design and Operation 1999*)

b. Penyaring halus (*Fine Screen*)

Penyaring halus (*fine screen*) berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. *Screen* ini dapat di gunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Preliminary Treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*Primary Treatment*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Premilinary Treatment*) adalah seperti, ayakan kawat (*static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*), atau seperti anak tangga (*step type*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/*primary clarifier*) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0.13 m³/detik. *Screen* tipe ini dapat meremoval BOD dan TSS. Penyaring halus (*fine screen*) terbagi menjadi beberapa jenis (**Gambar 2.3**) yang memiliki persen *removal* dan kualifikasi ukuran berbeda-beda yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 2.4** dan **Tabel 2.5**.



Gambar 2.3 Tipe *Fine Screen*; (a) *Static Wedgewire*; (b) *Drum (Metcalf And Eddy 4th edition, 2004)*

Tabel 2.3 Persentase *Removal Fine Screen*

| Jenis screen | Luas permukaan | | Persen <i>removal</i> (%) | |
|------------------------|----------------|------|---------------------------|---------|
| | inch | mm | BOD | TSS |
| <i>Fixed parabolic</i> | 00.0625 | 11.6 | 55 – 20 | 55 – 30 |

Sumber : *Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004*

| | | | | |
|--------------------|-------|-------|---------|---------|
| <i>Rotary drum</i> | 00.01 | 00.25 | 25 – 50 | 25 – 45 |
|--------------------|-------|-------|---------|---------|

Tabel 2.4 Macam-Macam *Fine Screen*

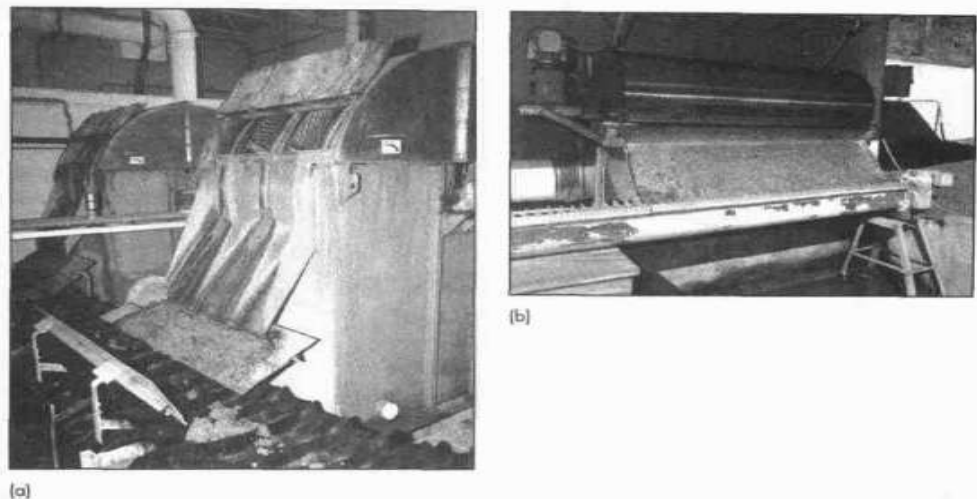
| Jenis Screen | Permukaan <i>Screen</i> | | | Bahan <i>Screen</i> | Penggunaan |
|---------------------------------|-------------------------|-----------|--------------------|---|---|
| | Klasifikasi Ukuran | Ukuran | | | |
| | | inch | mm | | |
| <i>Inclined (Fixed)</i> | Sedang | 0.01-0.1 | 0.25-2.5 | Ayakan kawat yang terbuat dari <i>stainless-steel</i> | Pengolahan primer |
| Jenis Screen | Permukaan <i>Screen</i> | | | Bahan <i>Screen</i> | Penggunaan |
| | Klasifikasi Ukuran | Ukuran | | | |
| | | inch | mm | | |
| <i>Drum (Rotary)</i> | Kasar | 0.1-0.2 | 2.5-5 | Ayakan kawat yang terbuat dari <i>stainless-steel</i> | Pengolahan pendahuluan |
| | Sedang | 0.01-0.1 | 0.25-2.5 | Ayakan kawat yang terbuat dari <i>stainless-steel</i> | Pengolahan primer |
| | Halus | | 6-35 μm | <i>Stainless-steel</i> dan kain polyester | Meremoval residual dari <i>suspended solid</i> sekunder |
| <i>Horizontal Reciprocating</i> | Sedang | 0.06-0.17 | 1.6-4 | Batangan <i>stainless-steel</i> | Gabungan dengan saluran air hujan |
| <i>Tangential</i> | Halus | 0.0475 | 1200 μm | Jala-jala yang terbuat dari <i>stainless-steel</i> | Gabungan dengan saluran pembawa |

Sumber : Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004

c. *Microscreen*

Microscreen berfungsi untuk menyaring padatan halus, zat atau material yang mengapung, alga, yang berukuran kurang dari 0.5 μm . Prinsip yang digunakan pada segala jenis *screen* ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran.

Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0.3 m/detik sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan bentuk penampang batang tersebut empat persegi panjang berukuran 10 mm x 50 mm. Untuk bar screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horizontal (Metcalf & Eddy, 2004). *Microscreen* terbagi menjadi beberapa jenis, antara lain *disk type with stainless-steel fabric* dan *drum type with wedgewire screen* yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Tipe *Microscreen*; (a) *Disk Type With Stainless-Steel Fabric*;
(b) *Drum Type With Wedgewire Screen* (Metcalf And Eddy 4th edition,
2004)

3. Sumur Pengumpul dan Pemompaan

Sumur pengumpul merupakan salah satu bangunan pengolahan pendahuluan dalam perencanaan bangunan pengolahan air limbah yang berfungsi untuk menampung air limbah dari saluran air limbah yang kedalamannya berada dibawah permukaan instalasi pengolahan air limbah. Dalam sumur prngumpul juga dilengkapi dengan pompa yang berfungsi sebagai alat pemindahan fluida melalui saluran terbuka/tertutup yang didasarkan dengan adanya peningkatan energi mekanika fluida. Sumur pengumpul terdiri dari sumur basah dan sumur kering. Sumur basah menggunakan pompa *submersible* atau *suspended* yang dipasang terendam dalam sumur. Sumur kering

menggunakan *selfpriming/suction lift centrifugal pump* yang dipasang dalam kompartemen terpisah dengan air yang dihisap. Tambahan energi yang dihasilkan oleh pompa akan meningkatkan kecepatan dan tekanan fluida. Pemompaan pada sumur pengumpul digunakan untuk mengalirkan air limbah ke unit pengolahan limbah selanjutnya. Berdasarkan jenisnya pompa dapat dibedakan sesuai dengan kegunaannya, berikut beberapa jenis pompa sesuai kegunaannya dapat dilihat pada **Tabel 2.6** dibawah ini.

Tabel 2.5 Klasifikasi Pompa

| Klasifikasi Utama | Tipe pompa | Kegunaan pompa |
|----------------------------|--------------------------|--|
| Kinetik | <i>Centrifugal</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Air limbah sebelum diolah • Penggunaan lumpur kedua • Pembuangan effluent |
| | <i>Peripheral</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Limbah logam, pasir lumpur, air limbah kasar |
| | <i>Rotory</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Minyak, pembuangan gas permasalahan zat-zat kimia pengaliran lambat untuk air dan air buangan |
| <i>Posite Displacement</i> | <i>Screw</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Pasir, pengolahan lumpur pertama dan kedua • Air limbah pertama • Lumpur kasar |
| | Diafragma penghisap | <ul style="list-style-type: none"> • Permasalahn zat kimia • Limbah logam • Pengolahan lumpur pertama dan kedua |
| | <i>Airlift</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur kedua |
| | <i>Pneumatic Ejector</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Instalasi pengolahan limbah skala kecil |

Sumber: Syed R. Qasim, *Wastewater Treatment Plants, Planning, Design, and Operation, 1985*

Penggunaan sumur pengumpul pada *pretreatment* ditujukan untuk, antara lain :

- a) Menampung air limbah dari saluran pembawa yang kedalamannya di bawah permukaan instalasi pengolahan air limbah sebelum air di pompa ke atas.
- b) Menstabilkan variasi debit dan konsentrasi air limbah yang akan masuk ke bangunan pengolahan air limbah (unit instalasi induk air limbah), sehingga tidak terjadi *shock loading* saat pengolahan agar kinerja instalasi dapat mencapai nilai optimum.
- c) Menghilangkan kinerja saat keadaan *down stream* (aliran air limbah kecil). Air limbah yang dikumpulkan dalam sumur pengumpul dipompa menuju bangunan pengolah air limbah selanjutnya. Waktu tinggal air limbah di dalam sumur pengumpul tidak boleh terlalu lama (≤ 10 menit) sehingga air tidak menjadi septic yang dapat mengakibatkan bau yang tidak sedap karena terjadi proses anaerobik. Jadi, prinsip yang digunakan adalah menghitung dimensi sumur pengumpul berdasarkan waktu detensi maksimal (≤ 10 menit) bagi air limbah (Metcalf & Eddy, 2004).

2.2.2 Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Pada dasarnya pengolahan tahap pertama ini masih memiliki tujuan yang sama dengan pengolahan pendahuluan (*pretreatment*). Letak perbedaan antara *pretreatment* dan *primary treatment* ialah hanya terletak pada proses yang berlangsung. Proses yang terjadi pada pengolahan tahap pertama ini ialah *flotation*, *neutralization*, dan *sedimentation*. Berikut ini penjelasan pengolahan tahap pertama, yaitu sebagai berikut:

1. *Dissolved Air Flotation (DAF)*

DAF merupakan proses pemisahan padatan, minyak dan kontaminan tersuspensi lainnya dengan menggunakan gelembung udara. Udara yang ditambahkan ke dalam air akan tercampur dengan aliran air dan terlepas dari larutan ketika terjadi kontak dengan kontaminan. Gelembung udara menempel pada padatan, meningkatkan daya apung dan mengangkat padatan ke permukaan air.

Pada sistem DAF, udara dilarutkan di dalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ketekanan atmosfer.

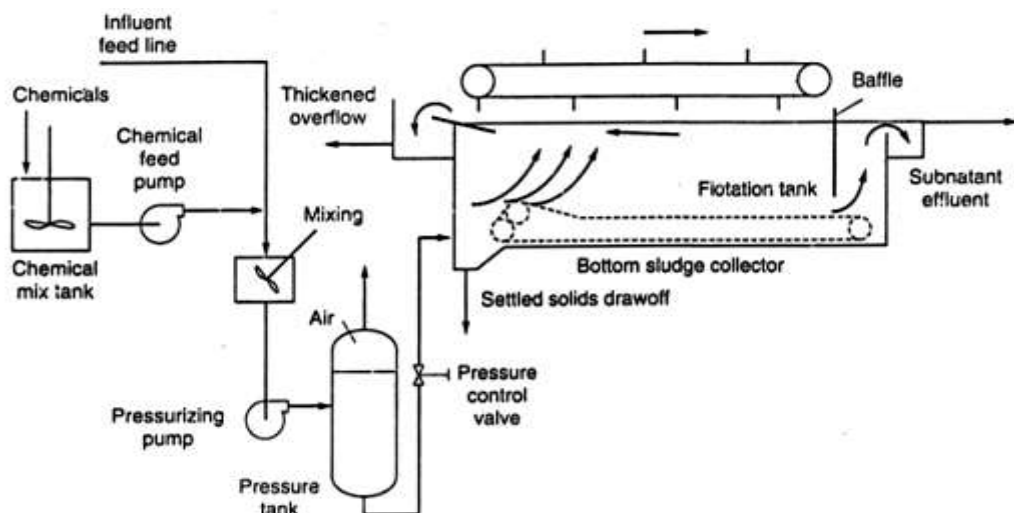
Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang sangat halus (30 – 120 mikron). Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif. Menurut Baum dan Hurst (1953), aplikasi dari sistem *Dissolved Air Flotation* di industri adalah:

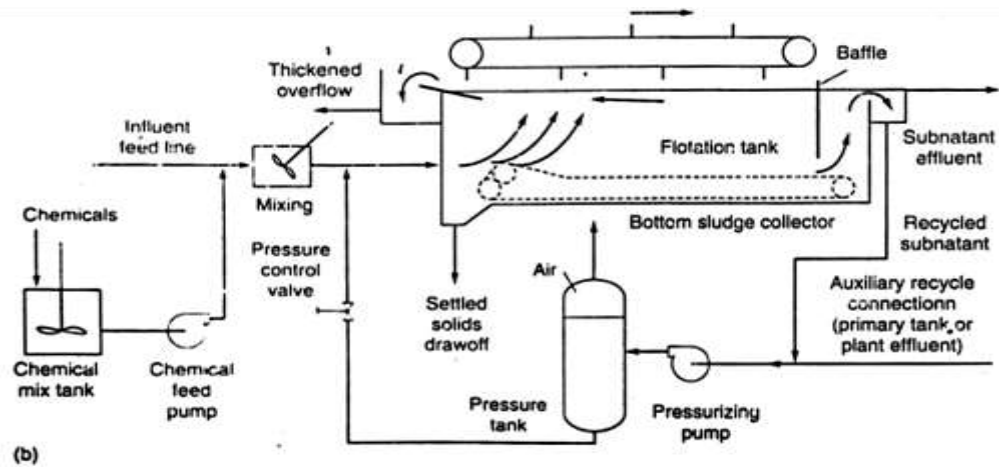
- Pemisahan partikel tersuspensi sebagai pengganti sedimentasi.
- Pemisahan partikel koloidal, sebagai pengganti filtrasi.
- Pengolahan tingkat pertama, untuk meringankan beban sistem filtrasi.
- Pemisahan minyak dan lemak, memberikan efisiensi pemisahan yang tinggi untuk emulsi dan fraksi yang terdispersi.
- Pengolahan tingkat pertama dari operasi pengolahan lumpur aktif.

Berdasarkan metode *Dissolved Air Flotation* (DAF) dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Tanpa resirkulasi.
- b. Dengan Resirkulasi

Kedua jenis tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.5** di bawah ini,





Gambar 2.5 Bak *Dissolved Air Flotation* (DAF); (a) Tanpa Resirkulasi; (b) Dengan Resirkulasi (*Metcalf And Eddy 4th edition, 2004*)

2. Netralisasi

Netralisasi merupakan reaksi dimana asam dan basa bereaksi dalam larutan berair untuk menghasilkan garam dan air. Natrium klorida cair yang dihasilkan dalam reaksi disebut garam. Sebuah garam merupakan senyawa ionik yang terdiri dari kation dari basa dan anion dari asam. Sebuah garam pada dasarnya adalah setiap senyawa ionik yang bukan merupakan asam atau basa.

Netralisasi limbah diperlukan jika kondisi limbah masih di luar range pH baku mutu limbah (BML) yang diperlukan (pH 6–8), sebab limbah diluar kondisi tersebut dapat bersifat racun atau korosif, termasuk bakteri. Dalam beberapa hal netralisasi dapat dilakukan dengan cara mencampur limbah yang bersifat asam dengan limbah yang bersifat basa atau sebaliknya. Pencampuran dilakukan di dalam suatu bak equalisasi (bak penstabil) pada level ketinggian tetap, bak ini juga sering disebut tangki netralisasi. Tangki reaksi netralisasi dilengkapi dengan alat sensor pH untuk mengontrol kondisi hasil reaksi.

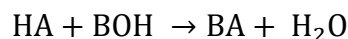
Sebagian besar limbah cair dari industri mengandung bahan-bahan yang bersifat asam (*Acidic*) ataupun basa (*alkaline*) yang perlu dinetralkan sebelum

dibuang ke badan air maupun sebelum limbah masuk pada proses pengolahan, baik pengolahan secara biologis maupun secara kimiawi, proses netralisasi tersebut bisa dilakukan sebelum atau sesudah proses equalisasi (Goldberg, 2004).

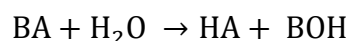
Untuk mengoptimalkan pertumbuhan mikroorganisme pada pengolahan secara biologi pada air limbah, maka pH air limbah perlu dijaga pada kondisi antara pH 6.5-8.5, karena sebagian besar mikroba aktif atau hidup pada kondisi pH tersebut. Proses koagulasi dan flokulasi juga akan lebih efisien dan efektif jika dilakukan pada kondisi pH netral (Goldberg, 2004). Adapun beberapa kriteria apabila limbah dikatakan asam, netral atau basa yaitu sebagai berikut:

- 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 $pH > 7$

Dalam proses netralisasi ketika asam dan basa bereaksi satu sama lain, maka akan terbentuk spesies garam yang biasanya diikuti dengan pembentukan molekul air. Reaksi ini disebut sebagai reaksi netralisasi yang secara umum mengikuti persamaan kimia berikut ini:



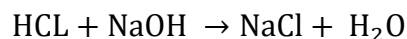
Kebalikan dari reaksi netralisasi disebut dengan hidrolisis garam. Pada reaksi hidrolisis, garam bereaksi dengan air membentuk asam atau basa.



Berikut adalah reaksi netralisasi spesifik dari sifat kekuatan asam atau basa.

a. Netralisasi asam kuat dan basa kuat

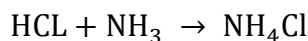
Jika larutan asam kuat dan basa kuat dicampurkan, maka hasilnya adalah garam dan air. Contoh reaksi netralisasi antara asam klorida dengan natrium hidroksida, persamaannya adalah:



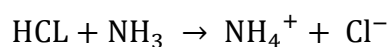
Ketika asam kuat dan basa kuat bereaksi, maka akan terjadi reaksi netralisasi dan larutan yang dihasilkan bersifat netral. Ion yang terbentuk tidak dapat bereaksi dengan air.

b. Netralisasi asam kuat dan basa lemah

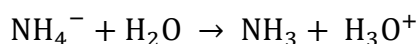
Jika larutan asam kuat dan basa lemah dicampurkan, maka hasilnya adalah garam asam dan air. Contoh reaksi netralisasi antara asam klorida dengan amonia, persamaan reaksinya adalah:



Reaksi antara asam kuat dan basa lemah menghasilkan garam, tetapi biasanya tidak membentuk molekul air karena basa lemah tidak mempunyai ion hidroksida. Pada kasus ini, air hanya bersifat sebagai pelarut dan bereaksi dengan kation dari garam membentuk basa lemah. Contohnya yaitu:

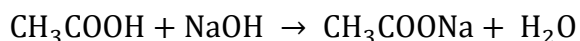


Dimana ion amonium yang terbentuk, bereaksi lebih lanjut dengan air menurut persamaan reaksi kimia sebagai berikut:



c. Netralisasi asam lemah dan basa kuat

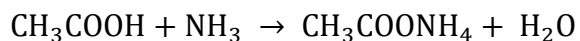
Jika larutan asam lemah dan basa kuat dicampurkan, maka hasilnya adalah garam basa dan air. Contoh reaksi netralisasi antara asam asetat dengan natrium hidroksida, persamaan reaksinya adalah:



Ketika asam lemah direaksikan dengan basa kuat maka larutan akan bersifat basa.

d. Netralisasi asam lemah dan basa lemah

Jika larutan asam lemah dan basa lemah dicampurkan, maka hasilnya adalah garam dan air. Contoh reaksi netralisasi antara asam asetat dengan amonia, persamaan reaksinya adalah:



pH larutan yang terbentuk tergantung dari kekuatan asam atau basa. Kekuatan asam atau basa dengan mudah dapat diketahui dari nilai tetapan kesetimbangan asam basa. Semakin nilai tetapan keseimbangan, maka semakin tinggi kekuatan asam atau basa.

Limbah dari beberapa industri dapat bersifat asam maupun basa, untuk itu netralisasi sangat diperlukan agar air limbah dapat tetap diolah pada bangunan

selanjutnya, dan tidak mengganggu proses pengolahan selanjutnya. Untuk pengolahan secara biologis pH yang dibutuhkan antara 6,5 - 8,5 agar aktivitas pengolahan biologis tidak terganggu. Adapun macam-macam dari proses netralisasi pada air buangan adalah (Chang, 2004):

1) Pencampuran limbah asam dengan Slurry kapur.

Ini merupakan sistem aliran ke bawah atau ke atas. Dimana maximum kecepatan hidrolis untuk sistem aliran ke bawah adalah $1 \text{ gal } /(\text{min} \cdot \text{ft}^2)$ ($4,07 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$). Konsentrasi asam dibatasi hingga 0,6% H_2SO_4 jika H_2SO_4 ada dan melapisi butiran kapur dengan bahan CaSO_4 & CO_2 . Kecepatan hidrolis loading dapat bertambah dengan sistem aliran ke atas karena hasil dari reaksi dijaga sebelum adanya pengendapan.

2) Penambahan sejumlah basa (NaOH , Na_2CO_3 atau NH_4OH) ke limbah asam.

Jenis netralisasi ini tergantung dari macam-macam bahan basa yang digunakan. Magnesium adalah bahan basa yang sangat reaktif dalam asam kuat dan digunakan pada pH di bawah 4.2. Netralisasi dengan menggunakan bahan basa dapat didefinisikan berdasarkan faktor titrasi dalam 1 gram sampel dengan HCl yang dididihkan selama 15 menit kemudian dititrasi lagi dengan 0.5 N NaOH dengan menggunakan *phenolphthalen* sebagai *buffer*. Mencampurkan bahan-bahan basa dapat dilakukan dengan pemanasan maupun pengadukan secara fisik. Untuk bahan yang sangat reaktif, reaksi terjadi secara lengkap selama 10 menit. Bahan-bahan basa lainnya yang dapat digunakan sebagai netralisasi adalah NaOH, Na_2CO_3 atau NH_4OH .

3) Penambahan asam kuat (H_2SO_4 atau HCl) dalam limbah basa.

Banyak bahan asam kuat yang efektif digunakan untuk menetralkan air limbah yang bersifat basa, biasanya yang digunakan adalah *sulfuric* atau *hydrochloric acid*. Asap gas yang terdridari 14% CO_2 dapat digunakan untuk netralisasi dengan melewati gelembung-gelembung gas melalui air limbah, CO_2 ini terbentuk dari *carbonik acid* yang dapat bereaksi dengan basa. Reaksi ini lambat tapi cukup untuk mendapatkan pH antara 7 hingga 8. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan spray tower.

Adapun beberapa sistem yang digunakan untuk bangunan netralisasi ini adalah (Sukardjo, 1984):

- Sistem batch, yang digunakan untuk aliran air limbah hingga 380 m³/hari
- Sistem continue, dengan pH control dibutuhkan udara untuk pengadukan dengan minimum aliran air 1-3 ft³/mm.ft² atau 0.3-0.9 m³/mm.m² pada kedalaman 9 ft (2.7 m).
- Sistem pengadukan mekanis, dimana daya yang digunakan 0.2-0.4 hp/ thousand.gal (0.04 – 0.08 kW/ m³) (Wesley Eckendfelder, 2000).

3. Bak Pengendap I

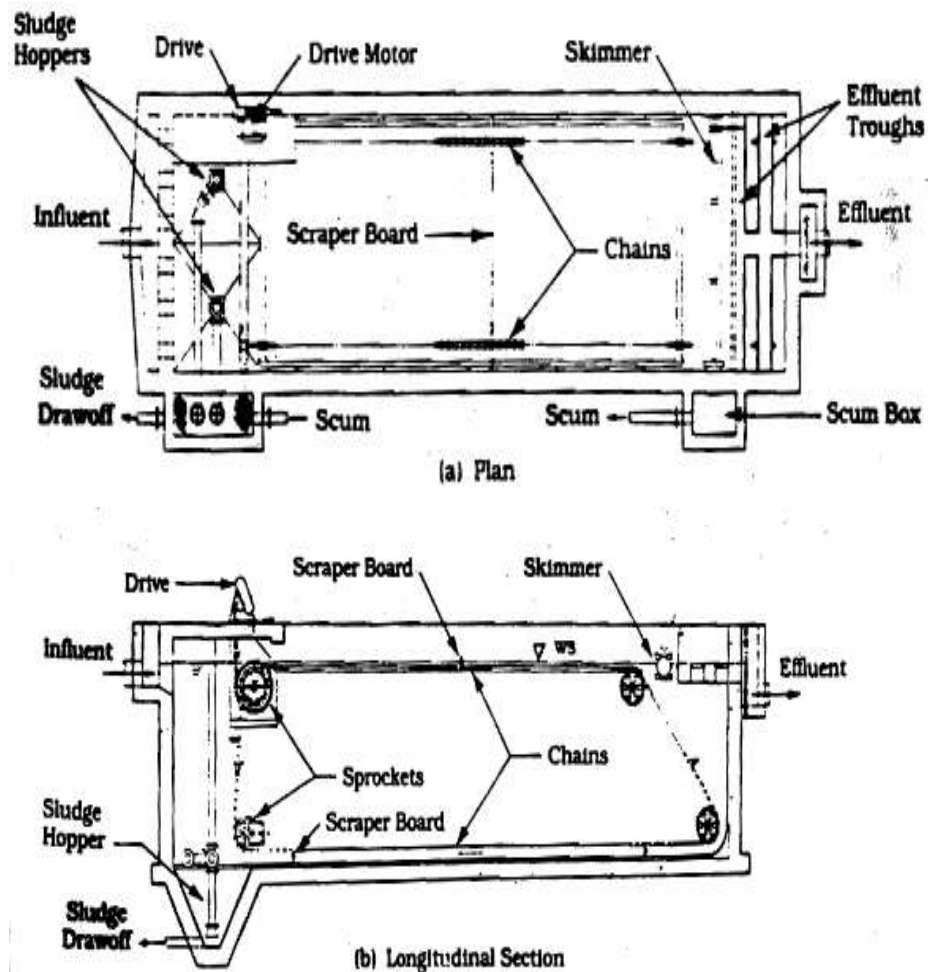
Bak pengendap I merupakan pengendapan partikel diskret, yaitu partikel yang dapat mengendap bebas secara individual tanpa membutuhkan adanya interaksi antar partikel. Sesuai dengan pengertian tersebut, maka pengendapan yang terjadi karena adanya interaksi gaya-gaya di sekitar partikel, yaitu gaya *drag* dan gaya *impelling*, sehingga kecepatan pengendapan partikel konstan. Gaya *impelling* adalah resultan dari gaya yang disebabkan oleh gaya berat partikel atau gaya gravitasi dan gaya apung.

Bak pengendap I atau biasa disebut bak sedimentasi umumnya dibangun dari bahan beton dengan bentuk lingkaran, bujur sangkar, atau segi empat. Bak berbentuk lingkaran umumnya berdiameter 10.7 hingga 45.7 meter dan kedalaman 3 hingga 4.3 meter. Bak berbentuk bujur sangkar umumnya mempunyai lebar 10 hingga 70 meter dan kedalaman 1.8 hingga 5,8 meter. Bak bentuk segi empat umumnya mempunyai lebar 1.5 hingga 6 meter, panjang bak sampai 76 meter, dan kedalaman lebih dari 1.8 meter (Reynold & Richards, 1998). Namun angka-angka tersebut bukanlah mutlak yang harus diikuti, harus disesuaikan dengan kondisi setempat dan debit air yang diolah.

Berdasarkan bentuk dan alirannya bak sedimentasi dibagi menjadi 3 (tiga), sebagai berikut:

- a. Segi Empat (*Rectangular*)

Pada bak ini, air mengalir horisontal dari inlet menuju outlet, sementara partikel mengendap ke bawah. Bak pengendap I memiliki beberapa bagian didalamnya yang dapat dilihat pada **Gambar 2.6** dibawah ini.



Gambar 2.6 Bak Sedimentasi Berbentuk Segi Empat: (a) Denah, (b) Potongan Memanjang (Reynold & Richards, 1998)

b. Lingkaran (*Circular*)

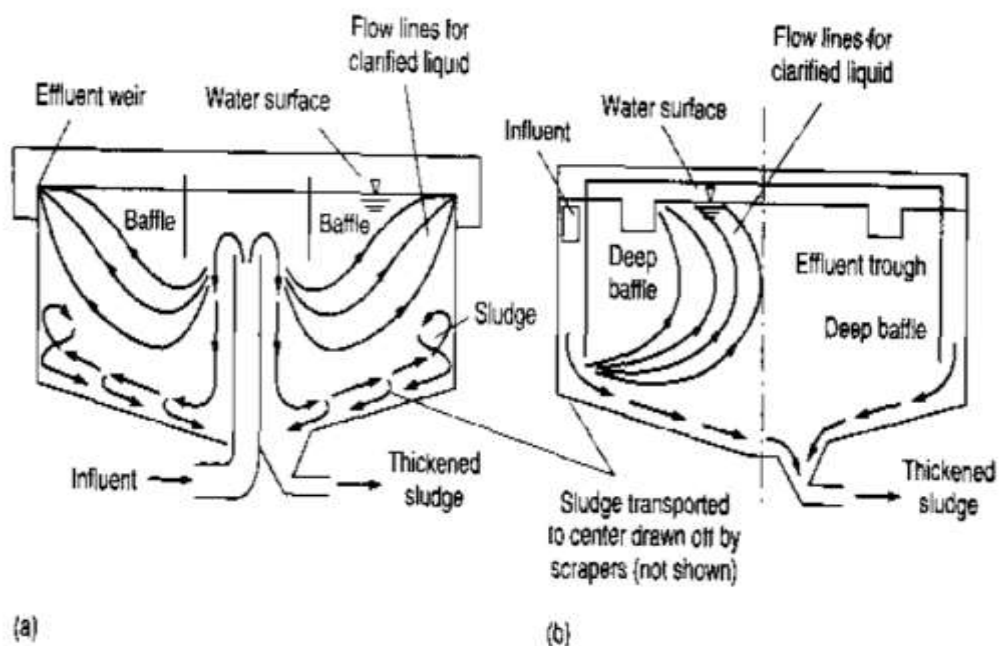
- Aliran *Center Feed*

Pada bak ini, air masuk melalui pipa menuju inlet bak di bagian tengah bak, kemudian air mengalir horisontal dari inlet menuju outlet di sekeliling bak, sementara partikel mengendap ke bawah. Secara tipikal bak persegi

mempunyai rasio panjang : lebar yaitu antara 2 : 1 – 3 : 1. Arah aliran *center feed* ini lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.

- Aliran *Periferal Feed*

Pada bak ini, air masuk melalui sekeliling lingkaran dan secara horisontal mengalir menuju ke outlet di bagian tengah lingkaran, sementara partikel mengendap ke bawah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe *periferal feed* menghasilkan *short circuit* yang lebih kecil dibandingkan tipe *center feed*, walaupun *center feed* lebih sering digunakan. Secara umum pola aliran pada bak lingkaran kurang mendekati pola ideal dibanding bak pengendap persegi panjang. Meskipun demikian, bak lingkaran lebih sering digunakan karena penggunaan peralatan pengumpul lumpurnya lebih sederhana. Arah aliran *periferal feed* ini lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2. 7 Bak Sedimentasi Berbentuk Lingkaran: (a) *Center Feed*,
(b) *Periferal Feed* (Metcalf And Eddy 4th edition, 2004)

Dalam bak sedimentasi juga terdapat bagian-bagian tertentu yang memiliki fungsi berbeda satu sama lainnya, bagian-bagian tersebut antara lain:

a) Zona *Inlet* atau struktur *influen*

Zona *inlet* mendistribusikan aliran air secara merata pada bak sedimentasi dan menyebarkan kecepatan aliran yang baru masuk. Jika dua fungsi ini dicapai, karakteristik aliran hidrolik dari bak akan lebih mendekati kondisi bak ideal dan menghasilkan efisiensi yang lebih baik. Zona *influen* didesain secara berbeda untuk kolam *rectangular* dan *circular*. Khusus dalam pengolahan air, bak sedimentasi *rectangular* dibangun menjadi satu dengan bak flokulasi. Sebuah *baffle* atau dinding memisahkan dua kolam dan sekaligus sebagai *inlet* bak sedimentasi. Disain dinding pemisah sangat penting, karena kemampuan bak sedimentasi tergantung pada kualitas flok.

b) Zona pengendapan

Dalam zona ini, air mengalir pelan secara horisontal ke arah outlet, dalam zona ini terjadi proses pengendapan. Lintasan partikel tergantung pada besarnya kecepatan pengendapan.

c) Zona lumpur

Dalam zona ini lumpur terakumulasi. Sekali lumpur masuk area ini ia akan tetap disana

d) Zona *outlet* atau struktur *effluent*

Seperti zona *inlet*, zona *outlet* atau struktur *effluent* mempunyai pengaruh besar dalam mempengaruhi pola aliran dan karakteristik pengendapan flok pada bak sedimentasi. Biasanya *weir*/pelimpah dan bak penampung limpahan digunakan untuk mengontrol outlet pada bak sedimentasi. Selain itu, pelimpah tipe *V-notch* atau *orifice* terendam biasanya juga dipakai. Diantara keduanya, *orifice* terendam yang lebih baik karena memiliki kecenderungan pecahnya sisa flok lebih kecil selama pengaliran dari bak sedimentasi menuju filtrasi.

2.2.3 Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

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. (*sumber : Syed R.Qasim, Wastewater Treatment Plants Planning, Design, and Operation, hal.52*).

1. Trickling Filter

Trickling filter adalah suatu reaktor di mana terdapat media batu atau plastik sebagai media bagi mikroorganisme membentuk suatu lapisan biofilm. Dalam reaktor ini air limbah dialirkan secara kontinyu melalui lapisan biofilm yang terbentuk pada media. Kedalaman media batu antara 0.9 – 2.5 m (3-8 ft) dan yang biasa digunakan rata – rata pada kedalaman 1.8 m (6 ft). Bed media batu ini biasanya berbentuk sirkular, dan air limbah dialirkan dari atas bed dengan menggunakan rotary distributor. (*Metcalf & Eddy, 2004*)



Gambar 2.8 Trickling Filter

Proses pengolahan dengan sistem trickling filter hampir sama dengan proses pengolahan lumpur aktif, yang mikroorganismenya berkembang biak dan menempel pada media penyangga. Efisiensi penyisihan BOD pada trickling filter sekitar 90%. (*Wesley Ecklenfelder, 2000*)

Penurunan yang signifikan dari nitrogen dan fosfor dapat dicapai bersama-sama dengan pengurangan COD signifikan selama keadaan steady state biofilm. Persen penyisihan trickling filter untuk Nitrogen adalah 98% dan Fosfor sebesar rata-rata 80%. (*Habte Lemji and Ecktädt, 2014*). Sedangkan penyisihan trickling filter untuk amonia adalah 95% (*Knox and Jones*).

Beberapa bangunan trickling filter yang konvensional yang menggunakan batu sebagai medianya kini beralih menggunakan plastik agar dapat menambah kapasitas pengolahannya. Sehingga pada saat ini hampir semua bangunan trickling filter menggunakan plastik.

Trickling Filter yang menggunakan media plastik dibangun dengan bentuk lingkaran maupun persegi dengan kedalaman bervariasi dari 4 – 12 m (14 – 40 ft). Underdrain adalah suatu sistem yang sangat penting yang ada di bangunan trickling filter untuk menampung effluent dari air yang telah diolah dan sirkulasi udara juga dapat melalui sistem underdrain tersebut.

Effluent dari trickling filter dialirkan ke bangunan sedimentasi dimana adanya recycle dari bangunan sedimentasi ke trickling filter. Fungsi dari recycle ini adalah untuk memelihara atau menjaga lapisan biofilm agar tetap tumbuh. Karena pembentukan lapisan ini mempunyai prinsip dasar pengolahan trickling filter agar dapat meremoval BOD dari air limbah.

2.2.4 Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah. Terdapat beberapa macam jenis pengolahan dalam pengolahan tersier ini, beberapa diantaranya yaitu sebagai berikut:

1. Bak Pengendap II (*Secondary Clarifier*)

Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat *scraper blade* yang berjumlah sepasang yang berbentuk *vee* (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga *sludge* terkumpul pada masing – masing *vee* dan dihilangkan melalui pipa dibawah sepasang *blades*. Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur

yang terdapat di tengah bagian bawah *clarifier*. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi.

Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1 – 2 jam. Kedalaman *clarifier* rata – rata 10 – 15 feet (3 – 4.6 meter). *Clarifier* yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (*sludge blanket*) yang kurang dari 2 feet (0.6 meter). *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 sistem *activated sludge*
- Luas permukaan *clarifier*
- 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 patogen lainnya. Salah satu contoh pengolahan ketiga ini adalah bangunan *clarifier*. *Clarifier* sama saja dengan bak pengendap pertama, hanya saja *clarifier* biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis, dimana dalam *clarifier* jenis lumpur yang diendapkan juga berupa lumpur biologis. Lumpur biologi merupakan lumpur yang dihasilkan dari proses pemisahan gumpalan mikroba di unit pengolahan biologi. Lumpur biologi berasal dari dua bagian yaitu :

- a. Mikroba yang mati
- b. Organik yang tidak terdegradasi oleh mikroba

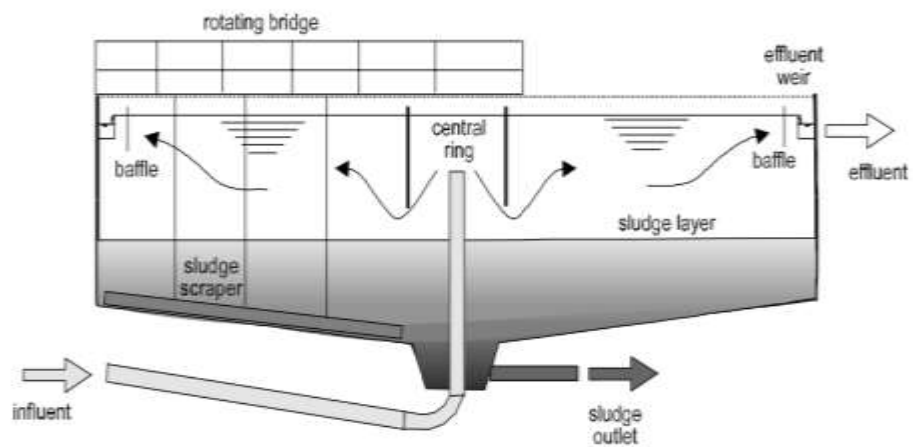
Karakteristik lumpur biologi adalah sebagai berikut:

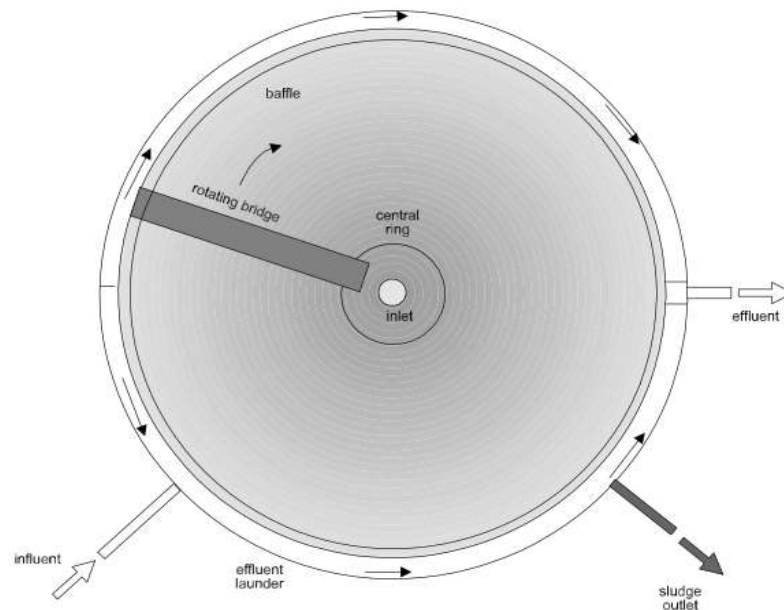
- Mempunyai warna coklat
- Mempunyai kandungan padatan 0.5-2.5% yang artinya dalam 1 liter lumpur mengandung air sebanyak 97.5-99.5%
- Mempunyai berat jenis yang rendah, sebesar 1.005 g/mL
- Mengandung banyak senyawa organik terurai yang mudah membusuk

Jumlah lumpur biologi yang dihasilkan tergantung dari:

- Beban hidrolis dari unit pengolahan penghasil lumpur dan beban organik.
- Kecepatan pertumbuhan mikroba yang sangat bergantung pada beberapa faktor, antara lain kondisi proses biologi dan kondisi lingkungan
- Konsentrasi padatan tersuspensi total (TSS) yang dapat diendapkan
- Efisiensi tanki pengendap

Untuk lebih jelasnya mengenai bagian-bagian bak pengendap II dapat dilihat pada **Gambar 2.10** dibawah ini.





Gambar 2.8 Skema Bak Pengendap II *Circular*; (a) Potongan *Clarifier* (b) Denah *Clarifier* (Marcos Von Sperling, Vol.5)

2. Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed merupakan metode pemisah air dari *sludge* yang dihasilkan bangunan pengolah air limbah yang paling sering digunakan di Amerika Serikat. *Sludge Drying Bed* secara umum digunakan untuk mengurangi kadar air kandungan *biosolid* dan lumpur / *sludge* yang mengendap. Setelah mengering, padatan akan dikuras dan selanjutnya dibuang menuju lokasi pembuangan (*landfill*). (Metcalf & Eddy, 2003)

Keuntungan penggunaan *Sludge Drying Bed* diantaranya adalah :

1. Rendahnya biaya investasi dan perawatan yang diperlukan,
2. Tidak diperlukannya terlalu banyak waktu untuk proses pengamatan dan pengontrolan,
3. Dalam prosesnya akan dihasilkan banyak padatan dari proses pengeringan. (Metcalf & Eddy, 2003)

Selain berbagai keuntungan yang dapat diperoleh dengan penggunaan *Sludge Drying Bed* seperti yang telah disebutkan di atas, *sludge drying bed* juga memiliki beberapa kerugian, di antaranya :

1. Proses pengeringan sangat bergantung pada iklim dan perubahannya,
2. Dibutuhkan lahan yang lebih luas,
3. Kemungkinan terjadinya pencemaran udara yang berupa bau akibat proses pengeringan *sludge* / lumpur.

(Metcalf & Eddy, 2003)

Dalam prosesnya, *Sludge Drying Bed* dibedakan menjadi lima (5) jenis, di antaranya :

1. *Conventional Sand Sludge Drying Bed*
2. *Paved Sludge Drying Bed*
3. *Artificial Media Sludge Drying Bed*
4. *Vacuum Assisted Sludge Drying Bed*
5. *Solar Sludge Drying Bed*

(Metcalf & Eddy, 2003)

Sludge yang di pilih

Conventional Sand Sludge Drying Bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur / *sludge* dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / *sludge* diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Selanjutnya lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan *open join*). (Metcalf & Eddy, 2003)

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-

masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada *sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur / *sludge* ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki *effective size* antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed*. (Metcalf & Eddy, 2003)

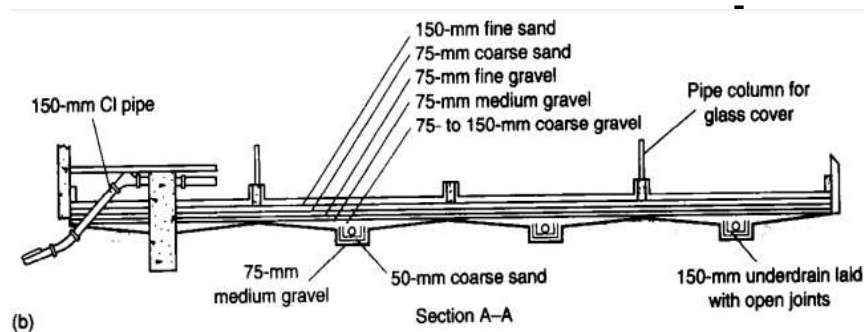
Pipa inlet pada bangunan *sludge drying bed* harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering digunakan. Sistem penyaluran *sludge* dilakukan dengan mengalirkan air tegak lurus dengan posisi *sludge drying bed* guna mengurangi kecepatan alir saat *sludge* memasuki bangunan pengering. (Metcalf & Eddy, 2003)

Padatan pada *sludge drying bed* hanya dapat dikuras dari bangunan *sludge drying bed* setelah *sludge* mengering. *Sludge* / lumpur yang telah mengering memiliki ciri yaitu memiliki permukaan yang terlihat retak dan mudah hancur serta berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam *sludge* / lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila *sludge* / lumpur telah dikeruk menggunakan *scrapper* atau secara manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan. (Metcalf & Eddy, 2003)

Sludge drying bed yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi

tersebar nya bau yang mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reaktor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor *sludge drying bed* dibangun pada jarak minimal 100 m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau. (Metcalf & Eddy, 2003)

Sludge drying bed merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan dari thickener. 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.



Gambar 2.11 Skema Sludge Drying Bed

2.3 Profil Hidrolis

2.1.1. Kehilangan Tekanan Pada Bangunan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan.

2.1.2. Kehilangan Tekanan Pada Perpipaan dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada saluran terbuka berbeda dengan cara menghitung saluran tertutup.

a. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram “*Hazen William*” debit (Q) atau kecepatan (v) diketahui maka *Slope* didapat dari monogram.

b. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, disini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus *Slope*.

c. Kehilangan tekanan pada pompa

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

2.1.3. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara :

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