

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Kawasan Industri**

Kawasan industri merupakan suatu lokasi pemusatan kegiatan industri yang dilengkapi sarana dan prasarana yang dikelola dan disediakan oleh perusahaan-perusahaan di kawasan industri. Kawasan industri mulai dikembangkan di Indonesia bertujuan untuk memenuhi kegiatan penanaman modal dari dalam maupun luar negeri. Perkembangan kawasan industri dimulai dari pemerintah, kemudian seiring meningkatnya investasi, pihak swasta diperbolehkan mengembangkan kawasan industri. Sejak saat itu, pertumbuhan kawasan industri berkembang pesat di Indonesia (Kwanda, 2004).

Dalam suatu kawasan industri, sarana dan prasarana yang sangat penting untuk menunjang perkembangan kawasan industri salah satunya yaitu instalasi pengolahan air limbah. Dalam instalasi pengolahan air limbah (*waste water treatment plant*) akan terjadi proses pengolahan dan pengelolaan semua limbah cair dari industri ditampung (berdasarkan influent yang diizinkan oleh pengelola di kawasan industri) dan diolah sesuai dengan standar kualitas effluent berdasarkan pemerintah, sebelum dibuang ke badan air (Kwanda, 2004).

#### **2.2 Karakteristik Limbah Cair di Kawasan Industri**

Setiap industri mempunyai karakteristik limbah cair yang berbeda-beda sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan kawasan industri yang mempunyai karakteristik limbah cair yang berbeda dengan industri lainnya. Adapun beberapa karakteristik limbah cair di kawasan industri adalah sebagai berikut.

##### **2.2.1 Derajat Keasaman (pH)**

pH (*Power of Hydrogen*) menunjukkan adanya konsentrasi ion hidrogen dalam air yang dapat menjelaskan derajat keasaman suatu perairan. Air yang biasanya digunakan untuk minum artinya netral memiliki pH = 6-9. Air dalam kondisi basa memiliki pH air pada rentang 7 – 14. Sedangkan asam akan ada pada rentang pH 0 – 7 (Effendi, 2003).

Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Limbah dengan tingkat keasaman (pH) ekstrim sulit diolah secara biologi. Jika tingkat keasaman (pH) tidak diolah sebelum dialirkan, maka limbah cair akan mengubah tingkat keasaman (pH) pada air alami. Untuk proses pengolahan limbah cair, tingkat keasaman (pH) yang boleh dikeluarkan menuju badan air biasanya berada pada rentang antara 6,5 sampai 8,5. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2004).

Kandungan pH pada air buangan kawasan industri adalah 5, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan pH yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 6,0 – 9,0 (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

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

Padatan tersuspensi merupakan senyawa bentuk padat yang berada dalam kondisi tersuspensi dalam air. Padatan tersebut kemungkinan berasal mineral-mineral misalnya pasir yang sangat halus, *silt*, lempung, atau berasal dari zat organik asam vulvat yang merupakan hasil penguraian jasad tumbuh-tumbuhan atau binatang yang telah mati. Di samping itu, padatan tersuspensi ini dapat berasal dari mikroorganisme misalnya plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. Semua elemen-elemen tersebut umumnya menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (Said, 2017).

*Total Suspended Solid (TSS)* merupakan sebagian dari total solid yang tertahan pada filter dengan ukuran pori yang telah ditetapkan. Pengukuran dilakukan setelah dikeringkan pada suhu 105°C. Filter yang paling sering digunakan untuk penentuan TSS adalah filter Whatman fiber glass yang memiliki ukuran pori nominal sekitar 1,58 µm (Metcalf & Eddy, 2004).

Kandungan TSS pada air buangan kawasan industri adalah 1000 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 150 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

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

*Biological Oxygen Demand* atau BOD adalah parameter pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air buangan. Penguraian bahan organik diartikan bahwa bahan organik yang dibutuhkan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energi dari proses oksidasi (Sunu, 2001).

BOD dinyatakan dengan BOD<sub>5</sub> hari pada suhu 20°C dalam mg/L atau ppm. Agar bahan-bahan organik dapat dipecah secara sempurna pada suhu 20°C, dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi agar lebih praktis diambil waktu lima hari sebagai standar. Inkubasi 5 hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68% dari total BOD. Pemeriksaan BOD<sub>5</sub> diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap air buangan domestik atau industri, serta untuk mendesain sistem pengolahan limbah biologis (Sawyer & McCarty, 1978).

Kandungan BOD<sub>5</sub> pada air buangan kawasan industri adalah 800 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD<sub>5</sub> yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 50 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

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

*Chemical Oxygen Demand* atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air sungai atau limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan atau larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD *ultimate* meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia. Zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada sampel. Zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD. Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2004).

Kandungan COD pada air buangan kawasan industri adalah 3000 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang

diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 100 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

### **2.2.5 H<sub>2</sub>S (Sulfida)**

H<sub>2</sub>S memiliki berat jenis lebih berat dibandingkan udara, sehingga sering terkumpul pada lapisan bawah dan sering terdapat pada air permukaan dan dapat sedikit larut dalam air (Sianipar, 2009). H<sub>2</sub>S berasal dari kegiatan dekomposisi protein. Senyawa ini muncul dari hasil buangan limbah cair industri minuman. Nilai H<sub>2</sub>S akan mempengaruhi nilai pH pada limbah. Ketika H<sub>2</sub>S menurun, maka nilai pH akan meningkat. Senyawa ini terbentuk karena adanya aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan zat organik dalam kondisi anaerobik. Dalam kondisi kekurangan oksigen seperti di dasar perairan, mikroorganisme pereduksi sulfat (bakteri *Desulfovibrio desulfuricans*) menggunakan oksigen yang terikat dalam senyawa seperti sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) untuk mengoksidasi zat organik dan mereduksi ion sulfat menjadi sulfida (Megasari et al., 2012).

Kandungan H<sub>2</sub>S pada air buangan kawasan industri adalah 4 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan H<sub>2</sub>S yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 1 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013)

### **2.2.6 Amonia**

Amonia merupakan hasil dari penguraian zat organik (sisa pakan, feses dan biota akuatik yang mati) oleh bakteri pengurai. Amonia di perairan dapat dijumpai dalam bentuk amonia total yang terdiri dari amonia bebas (NH<sub>3</sub>) dan ion amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Pada suhu dan tekanan normal amonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan ion amonium. Selain terdapat dalam bentuk gas, ammonia membentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Amonia juga dapat terserap kedalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. Kesetimbangan antara kedua bentuk amonia di atas bergantung pada kondisi pH dan suhu perairan (Midlen & Redding, 2000).

Menurut (Effendi, 2003), kadar amonia pada perairan alami tidak lebih dari 0,1 mg/L. Kemudian jika konsentrasi ammonia tak terionisasi lebih dari 0,2 mg/L akan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan dan udang di perairan.

Sementara itu, toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu.

Kandungan amonia pada air buangan kawasan industri adalah 30 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan amonia yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 20 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

### **2.2.7 Fenol**

Fenol adalah bahan toksik yang bisa menghambat proses degradasi biologi oleh mikroba tertentu. Tetapi fenol dapat juga terdegradasi pada kondisi aerobik oleh bakteri methanogenesis. Toleransi pengolahan untuk air limbah industri adalah 500 mg/L, bila melebihi akan sulit untuk diuraikan secara biologis (Metcalf & Eddy, 2004).

Fenol pada konsentrasi rendah akan digunakan oleh mikroba sebagai makanan dan terdegradasi dalam tubuh mikroba menjadi bahan-bahan yang tidak berbahaya seperti asam asetat, gas metana dan karbon dioksida (Thomas & Ward, 1989). Timbulnya gas tersebut dapat diketahui dari munculnya gelembung-gelembung gas pada permukaan reaktor yang digunakan dan bau asam yang ditimbulkan. Sedangkan fenol pada konsentrasi tinggi justru akan menjadi racun bagi mikroba yang dapat mematikan atau menghambat kemampuan mikroba untuk mendegradasi fenol (Ariyani, 2011).

Kandungan fenol pada air buangan kawasan industri adalah 3 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan fenol yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 1 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

### **2.2.8 Minyak dan Lemak**

Minyak dan lemak merupakan bahan (ester) dari alkohol atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Gliseride asam lemak cair dan temperaturnya normal merupakan minyak, sedangkan yang gliseride asam lemak padat merupakan lemak. Jika minyak tidak dihilangkan sebelum air limbah diolah, maka 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 0,0003048 mm (0,0000120 in) (Metcalf & Eddy, 2004).

Kandungan minyak dan lemak dalam limbah banyak dijumpai dari proses produksi yang berbahan dasar tumbuhan, hewan, maupun mineral. Kebanyakan dari lemak pada umumnya tercampur dengan berbagai macam trigliserida (ester gliserol dari asam lemak). Minyak dan lemak juga sering pada tumbuhan dan hewan, yang merupakan komponen penting bagi kehidupan manusia (EPA, 1997).

Kandungan minyak dan lemak pada air buangan kawasan industri adalah 30 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 15 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

### **2.2.9 Detergen**

Detergen adalah surfaktant anionik dengan gugus alkil (umumnya C9 – C15) atau garam dari sulfonat atau sulfat berantai panjang dari Natrium (RSO<sub>3</sub>-Na<sup>+</sup> dan ROSO<sub>3</sub>-Na<sup>+</sup>) yang berasal dari derivat minyak nabati atau minyak bumi (fraksi parafin dan olefin) (Rahimah et al., 2020). Detergen terbuat dari bahan dasar senyawa organik yang mempunyai zat aktif permukaan (*surface active*) di dalam larutan yang secara umum disebut *surface active agent* atau *surfactant* (Said & Marsidi, 2011).

Pengolahan air limbah yang mengandung surfaktan detergen yang disarankan oleh beberapa buku teks adalah proses koagulasi dan sedimentasi, flotasi dan adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Surfaktan jenis LAS dan ABS sulit terbiodegradasi, walaupun ada beberapa hasil penelitian menunjukkan pengolahan air limbah yang mengandung LAS di bawah kondisi anaerobik dapat diturunkan sampai 60% dengan waktu yang relatif lebih lambat dari sabun. Pengolahan air limbah detergen dengan sistem koagulasi diikuti sedimentasi atau flotasi diikuti koagulasi dan sedimentasi banyak menggunakan zat kimia tambahan dan menimbulkan problem baru, yakni berupa lumpur yang mengandung bahan kimia dan detergen (Saifudin, 2005).

Kandungan detergen pada air buangan kawasan industri adalah 30 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan detergen yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 10 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

#### **2.2.10 Kadmium (Cd)**

Kadmium (Cd) adalah metal berbentuk kristal putih keperakan. Cd didapat bersama-sama Zn, Cu, Pb, dalam jumlah yang kecil. Kadmium (Cd) didapat pada industri alloy, pemurnian Zn, pestisida, dan lain-lain (Istarani & Pandebesie, 2014). Kadmium merupakan hasil sampingan dari pengolahan bijih logam seng (Zn), yang digunakan sebagai pengganti seng. Unsur ini bersifat lentur, tahan terhadap tekanan, memiliki titik lebur rendah serta dapat dimanfaatkan untuk pencampur logam lain. Air dapat tercemar apabila dimasuki oleh sedimen dan limbah pertambangan yang mengandung Cd (Herman, 2006).

Logam kadmium (Cd) akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Dalam tubuh biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan (biomagnifikasi) dan dalam rantai makanan biota yang tertinggi akan mengalami akumulasi kadmium (Cd) yang lebih banyak (Palar, 1994).

Kandungan kadmium pada air buangan kawasan industri adalah 0,9 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan kadmium yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 0,1 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

#### **2.2.11 Krom Heksavalen (Cr 6+)**

Chromium hadir dalam batuan, tanah, hewan dan tumbuhan. Senyawa chromium sangat banyak terdapat dalam sedimen air. Chromium dapat terjadi di banyak negara yang berbeda seperti divalen, empat valent, lima valent dan negara heksavalent. Cr (VI) dan Cr (III) adalah bentuk paling stabil dan paparannya ke manusia lebih tinggi (Adhani & Husaini, 2017).

Kromium yang ditemukan di perairan adalah kromium trivalen ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ), namun pada perairan yang memiliki pH lebih dari 5 kromium trivalen tidak ditemukan. Kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dapat ditemukan

dalam aliran limbah operasi pelapisan, anodisasi aluminium, operasi cat, dan pewarna, dan industri lainnya. Apabila masuk ke perairan, kromium trivalen akan teroksidasi menjadi kromium heksavalen yang lebih toksik. Kromium trivalen biasanya terserap dalam partikulat, sedangkan kromium heksavalen tetap berada dalam bentuk larutan (Febrina & Noviana, 2015).

Kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  pada air buangan kawasan industri adalah 0,9 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 0,5 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

### **2.2.12 Total Krom**

Chrom memiliki berat atom 52, nomor atom 24, densitas 7,2 juga titik leleh  $1857 \pm 20^\circ\text{C}$ , dan titik didih  $2,672^\circ\text{C}$ . Chrom dapat berada dalam beberapa tingkat oksidasi, yaitu +2, +3, +6 (Nordberg et al., 2007). Kromium merupakan logam transisi yang penting, senyawanya berupa senyawa kompleks yang memiliki berbagai warna yang menarik, berkilau, titik lebur pada suhu yang tinggi serta tahan terhadap perubahan cuaca. Selain itu pelapisan logam dengan kromium menghasilkan paduan logam yang indah, keras, dan melindungi logam lain dari korosi. Sifat-sifat kromium inilah yang menyebabkan logam ini banyak digunakan dalam industri elektroplating, penyamakan kulit, cat, tekstil, fotografi, pigmen (zat warna), besi baja, dan industri kimia (Rahmawati, 2014).

Kandungan total krom pada air buangan kawasan industri adalah 4 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan total krom yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 1 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

### **2.2.13 Tembaga (Cu)**

Tembaga (Cu) adalah logam dengan warna merah muda, yang lunak dengan nomor atom 29 dan massa atom 63,546, dengan titik lebur  $1083^\circ\text{C}$  dan titik didih  $2310^\circ\text{C}$ , berjari-jari atom 1,173 Å dan berjari-jari ion sebesar 0,96 Å. Tembaga adalah logam transisi mudah regang dan mudah ditempa, berbentuk kristal dengan warna kemerahan dan di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas (Lahuddin, 2007).



Cu merupakan elemen mikro yang sangat dibutuhkan oleh organisme, baik darat maupun perairan, namun dalam jumlah yang sedikit. Keberadaan Cu di suatu perairan umum dapat berasal dari daerah industri yang berada di sekitar perairan tersebut. Logam ini akan terserap oleh biota perairan secara berkelanjutan apabila keberadaannya dalam perairan selalu tersedia. Terlebih lagi bagi biota perairan dengan mobilitas yang rendah seperti kerang (Cahyani et al., 2012).

Pengolahan Cu dapat dilakukan dengan proses pengendapan dengan menambahkan kapur dan mengatur pH antara 9,3 – 10,3, hidroksida tembaga beserta logam-logam berat lainnya dapat mengendap sempurna. Pada pH tersebut kelarutan tembaga hidroksida adalah yang terendah yaitu 0,01 mg/L (Said, 2017).

Kandungan tembaga pada air buangan kawasan industri adalah 3 mg/L, sedangkan standar baku mutu yang mengatur besar kandungan tembaga yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 2 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

#### **2.2.14 Nikel (Ni)**

Nikel (Ni) adalah logam berwarna putih keperakan dengan nomor atom 28 dan massa atom 58,71. Nikel terdapat dalam muatan 0, +1, +2, dan +3. Nikel biasanya ditemui dalam bentuk senyawa nikel oksida, nikel hidroksida, nikel sulfat, nikel klorida, dan nikel karbonil. Garam nikel terbentuk dari asam kuat dan asam anorganik, sementara garam nikel dari asam organik lemah bersifat terlarut. Nikel tahan terhadap korosi oleh udara, air, dan alkali. Karakteristik inilah yang membuat nikel banyak digunakan dalam industri logam (Nordberg et al., 2007).

Nikel berada secara alami di alam terutama dalam bentuk sulfida dan oksida. Nikel diekstraksi dari bantuan mentah nikel sulfida dengan menggunakan metode flotasi, separasi magnetik, pemanggangan, dan smelting. Pemurnian lebih lanjut dilakukan dengan pemanasan pada temperatur tinggi (780°C) dan penanganan dengan asam sulfat panas. Nikel akan tereduksi oleh gas hidrogen dan bereaksi dengan karbon monoksida membentuk nikel karbonil yang volatil. Nikel murni dapat diproduksi dengan memanaskan nikel karbonil hingga

terdekomposisi menjadi nikel murni dan karbon monoksida (Nordberg et al., 2007). Nikel dalam industri digunakan untuk berbagai macam hal, diantaranya adalah produksi baja dan campuran logam, elektroplating produksi baterai nikel-kadmium, katalis kimia, pembuatan komponen elektronik, dan lain- lain.

Kandungan nikel pada air buangan kawasan industri adalah 3 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan nikel yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 2 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

#### **2.2.15 Seng (Zn)**

Seng merupakan salah satu unsur logam yang keberadaannya di dalam air dapat bersifat logam ringan atau logam berat. Seng jarang berbentuk atom tersendiri, tetapi biasanya terikat oleh senyawa lain sehingga berbentuk molekul. Seng di alam dapat ditemukan dalam bentuk sulfida (Darmono, 1995). Lumpur pembuangan biasanya mengandung seng dengan kadar tinggi. Seng biasanya lebih bersifat aktif di tanah.

Keberadaan seng pada air limbah dapat berasal dari pabrik baja dan juga ditemukan pada industri pengolahan logam dan penyepuhan. Toksisitas seng akan menurun seiring dengan meningkatnya kesadahan dan akan meningkat seiring meningkatnya suhu dan penurunan oksigen terlarut (Suryadiputra, 1994).

Kandungan seng pada air buangan kawasan industri adalah 12 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan seng yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 10 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

### **2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan**

Bangunan pengolahan air buangan adalah unit yang dirancang untuk mengurangi beban pencemar yang terdapat pada air buangan atau limbah. Beban pencemar yang dimaksud adalah partikel-partikel berbahaya, BOD, COD, organisme patogen, komponen beracun dan bahan lainnya yang memiliki sifat beracun dan berpotensi menimbulkan penyakit pada manusia atau organisme lainnya. Bangunan pengolahan air limbah harus dirancang dengan baik agar dapat

menurunkan beban pencemar secara efektif. Menurut (Sugiharto, 1987), dalam proses pengolahan air limbah dibagi menjadi empat tahapan yaitu:

a. Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Pengolahan pendahuluan bertujuan untuk menyaring sampah-sampah terapung yang masuk bersama dengan air agar dapat mempermudah proses pengolahan selanjutnya. Contohnya seperti, menyortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak. Selain itu pengolahan pendahuluan juga berfungsi untuk menyalurkan air limbah dari unit operasinya ke bangunan pengolahan air limbah.

b. Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses yang terjadi yaitu secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengapungan dan pengendapan.

c. Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan sekunder akan memisahkan koloidal dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dapat dilakukan secara aerobik maupun anaerobic. Pada pengolahan air buangan industri pengolahan minyak bumi menggunakan sistem aerobik yaitu activated sludge karena kandungan biologi pada air buangan industri pengolahan minyak sawit cukup banyak seperti BOD, COD karena persen removal activated sludge cukup besar untuk meremoval kandungan organik.

d. Pengolahan Ketiga (*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, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya.

e. Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

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:

- a. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel 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 :

- a. Mereduksi kadar lumpur
- b. Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

Adapun bangunan pengolahan yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair di kawasan industri, antara lain:

### **2.3.1 Saluran Pembawa**

Saluran pembawa adalah unit yang berfungsi untuk mendistribusikan air limbah menuju unit pengolahan selanjutnya. Saluran pembawa memiliki 2 jenis yaitu saluran terbuka dan tertutup (pipa). Saluran terbuka biasanya terbuat dari beton dan memiliki bentuk persegi, trapesium maupun setengah lingkaran. Perencanaan saluran pembawa selalu memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini di atas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m). Saluran pembawa yang baik adalah saluran yang setiap 10 m memiliki bak kontrol. Jenis-jenis saluran pembawa seperti pada gambar 2.1.



(a)

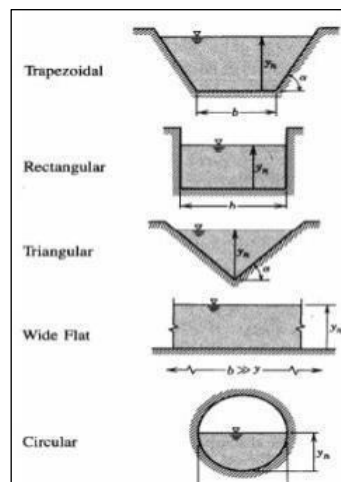
(b)

Gambar 2.1 (a) Saluran Terbuka (b) Saluran Tertutup

Sumber : <https://images.app.goo.gl/TyqoSzkSKLMh2qxb9> dan

<https://images.app.goo.gl/dGpuVp9inWNZ5wmf6>

Saluran terbuka (*open channel flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, di antaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk-bentuk Saluran Terbuka

Sumber: <https://images.app.goo.gl/22XR6EatJ4BkSVjX9>

Sedangkan saluran tertutup (*pipe flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya 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 yaitu aliran pada saluran terbuka.

Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan saluran tertutup (pipa) adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Pipa yang alirannya tidak penuh sehingga masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka (Kodoatie & Sugiyanto, 2002).

Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah air limbah dari proses produksi dialirkan menuju bak penampung melalui saluran pembawa. Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut.

- Luas Permukaan (A)

$$A = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m<sup>2</sup>)

Q = Debit Limbah (m<sup>3</sup>/s)

v = Kecepatan fluida dalam Saluran Pembawa (m/s)

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 5. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc.)

- Tinggi Saluran Pembawa

$$H = \frac{A}{W} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan:

H = Ketinggian air di saluran pembawa (m)

A = Luas permukaan saluran pembawa (m<sup>2</sup>)

W = Lebar saluran pembawa (m)

- Luas Penampang Basah

$$A = W \times H \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan:

A = Luas Penampang Basah (m<sup>2</sup>)

W = Lebar Saluran (m)

H = Ketinggian air di saluran pembawa (m)

- Keliling Penampang Basah

$$P = W + 2H \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan:

P = Keliling penampang basah (m)

W = Lebar Saluran (m)

H = Ketinggian air dalam saluran (m)

- Jari-jari Hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W + 2H} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:

R = Jari-jari Hidrolis (m)

W = Lebar Saluran (m)

H = Ketinggian air dalam saluran (m)

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 19. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc.)

- Headloss Saluran Pembawa

$$H_f = n \times L \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan:

H<sub>f</sub> = Headloss saluran pembawa (m)

n = Koefisien manning

L = Panjang saluran pembawa (m)

- Cek Kecepatan Aliran

$$v_{cek} = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan:

V<sub>cek</sub> = Kecepatan cek (m/s)

Q = Debit (m<sup>3</sup>/s)

A = Luas permukaan (m<sup>2</sup>)

- Slope Cek

$$S = \left( \frac{v \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan:

S = Slope (m/m)

v = Kecepatan cek (m/s)

n = Koefisien manning

R = Jari-jari Hidrolis (m)

### 2.3.2 Screening

*Screening* atau saringan banyak diletakkan di saluran masuk dari sungai, danau, waduk untuk instalasi pengolahan air, dan sumur tempat pembuangan atau penampung untuk instalasi pengolahan air limbah. *Screening* atau *bar screen* juga diletakkan sebelum pompa di stasiun pemompaan air hujan dan air limbah. Unit ini berfungsi untuk menghilangkan kotoran kasar (seperti potongan kain, padatan, dan ranting), yang mungkin merusak pompa atau menyumbat pipa dan saluran hilir (Droste, 1997).

Dalam pengolahan air limbah, penyaring kasar digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun sedang. *Screening* dengan pembersihan secara mekanik, bahannya terbuat dari plastik atau *stainless steel*. Contoh *coarse screen* ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Coarse Screen* dengan Pembersihan secara Manual

Sumber: <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558166/Screening-Seaving.pdf/42161389-3030-c805-d99c-5a44fd739558>

Adapun untuk kriteria perencanaan *coarse screen* ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan *Coarse Screen*

Parameter	U.S Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanis	Unit	Manual	Mekanis
Ukuran batang						
Lebar	Inch	0,2–0,6	0,2–0,6	mm	5,0–15	5,0–15
Kedalaman	Inch	1,0–1,5	1,0–1,5	mm	25–38	25–38



Jarak antarbatang	Inch	1,5–2,0	0,3–0,6	mm	25–50	15–75
Kemiringan terhadap vertikal	°	30–45	0–30	°	30–45	0–30
Kecepatan						
Maksimum	Ft/s	1,0–2,0	2,0–3,25	m/s	0,3–0,6	0,6–1,0
Minimum	Ft/s	-	1,0–1,6	m/s	-	0,3–0,5
Headloss	Inch	6	6–2,4	mm	150	150–600

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2004)

Adapun untuk rumus yang digunakan pada unit bar screen adalah sebagai berikut.

- Jumlah Batang/Kisi (n)

$$W_s = n \times d + (n+1) \times r \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan:

- $W_s$  = Lebar saluran (m)
- $n$  = Jumlah kisi
- $d$  = Lebar kisi (m)
- $r$  = Jarak antar kisi (m)

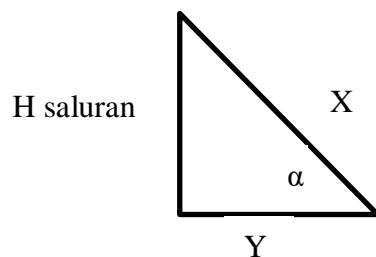
- Lebar Bukaan Kisi ( $W_c$ )

$$W_c = W_s - n \times d \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan:

- $W_c$  = Lebar bukaan kisi (m)
- $W_s$  = Lebar saluran (m)
- $n$  = Jumlah kisi
- $d$  = Lebar kisi (m)

- Panjang Kisi Miring (X)



$$X = \frac{H \text{ total}}{\sin \alpha} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan:

- $X$  = Panjang kisi (m)

$\sin \alpha$  = Kemiringan screen

H total = Kedalaman total saluran pembawa = tinggi screen (m)

- Lebar screen (Y)

$$Y = X \times \cos \alpha \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan:

x = Panjang kisi (m)

$\cos \alpha$  = Kemiringan screen

Y = lebar screen (m)

- Kecepatan setelah melewati kisi ( $v_i$ )

$$v_i = \frac{Q}{W_c \times H_{air}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan:

$v_i$  = Kecepatan setelah melewati kisi (m/s)

Q = Debit limbah (m<sup>3</sup>/s)

$W_c$  = Lebar bukaan kisi (m)

H air = Kedalaman muka air saluran pembawa (m)

- Headloss saat *Clean Screen (Non Clogging)*

$$H_f = \frac{1}{C} \left( \frac{v_i^2 - v^2}{2g} \right) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan:

$H_f$  = Headloss saat clean screen

C = Koefisien discharge (0,7 untuk clean screen)

$v_i$  = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

v = Kecepatan dari saluran pembawa (m/s)

g = Gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

- Headloss saat tersumbat atau *Clogged Screen (Clogging)*

$$H_{fc} = \frac{1}{C_c} \left( \frac{v_c^2 - v_i^2}{2g} \right) \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan:

$H_f$  = Headloss saat *clogged screen*

$C_c$  = Koefisien discharge (0,6 untuk *clogged screen*)

$v_c$  = Kecepatan penggelontoran (m/s)

Kecepatan melalui bar screen tersumbat diestimasi meningkat 50%

$v_i$  = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

$g$  = Gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

- Kecepatan saat penggelontoran

$$V_c = \frac{Q}{(50\% \times W_c \times H_{air})} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan:

$Q$  = Debit limbah (m<sup>3</sup>/s)

Kecepatan melalui bar screen tersumbat diestimasi meningkat 50%

$W_c$  = Lebar bukaan kisi (m)

$H_{air}$  = Kedalaman muka air saluran pembawa (m)

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2004. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition, hal. 321)

### 2.3.3 Bak Ekualisasi



Gambar 2.4 Bak Ekualisasi

Sumber: <https://images.app.goo.gl/aspjjdbjSnyUU9st7>

Tujuan dari ekualisasi adalah untuk meminimalkan atau mengontrol fluktuasi karakteristik air limbah untuk memberikan kondisi yang optimal untuk proses pengolahan selanjutnya. Ukuran dan jenis bak ekualisasi bervariasi dengan jumlah sampah dan variabilitas aliran air limbah. Wadah harus memiliki ukuran yang cukup untuk menyerap fluktuasi limbah yang disebabkan oleh variasi dalam penjadwalan produksi pabrik dan untuk meredam *batch* terkonsentrasi yang dibuang atau tumpah secara berkala ke saluran pembuangan. Bak ekualisasi biasanya disediakan untuk memastikan pemerataan yang memadai dan untuk mencegah padatan yang dapat mengendap dari pengendapan di cekungan. Tujuan penggunaan bak ekualisasi untuk fasilitas pengolahan industri menurut (Droste, 1997) yaitu:

- a. Untuk memberikan peredaman fluktuasi organik yang memadai untuk mencegah *shock loading* atau pembebanan kejut pada sistem biologis.
- b. Untuk memberikan kontrol pH yang memadai atau untuk meminimalkan persyaratan kimia yang diperlukan untuk netralisasi.
- c. Untuk meminimalkan lonjakan aliran ke sistem pengolahan fisik-kimia dan memungkinkan laju umpan kimia yang kompatibel dengan peralatan makan.
- d. Untuk memberikan pakan terus menerus ke sistem biologis selama periode ketika pabrik tidak beroperasi.
- e. Menyediakan kapasitas untuk pembuangan limbah yang terkontrol ke sistem kota untuk mendistribusikan beban limbah lebih merata.
- f. Untuk mencegah konsentrasi tinggi bahan beracun memasuki pabrik pengolahan biologis.

Bak ekualisasi di desain untuk menyamakan aliran, konsentrasi atau keduanya. Debit atau aliran dan konsentrasi limbah yang fluktuatif akan disamakan debit dan konsentrasinya dalam bak ekualisasi, sehingga dapat memberikan kondisi yang optimum pada pengolahan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2004). Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut.

- Volume Bak Ekualisasi

$$V = Q \times td \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan:

V = Volume bak ekualisasi (m<sup>3</sup>)

Q = Debit limbah (m<sup>3</sup>/s)

td = Waktu detensi (s)

- Dimensi Bak Ekualisasi

$$V = L \times B \times H \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan:

V = Volume bak ekualisasi (m<sup>3</sup>)

L = Panjang bak (m)

B = Lebar bak (m)

H = Kedalaman air pada bak ekualisasi (m)

- Kedalaman total

$$H \text{ total} = H + \text{freeboard} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan:

H total = Kedalam bak (m)

H = Ketinggian Air dalam bak ekualisasi (m)

Freeboard = 5% – 30%

Apabila dalam bak ekualisasi terjadi penghomogenan debit limbah, maka diperlukan sistem pengadukan, dapat menggunakan sistem aerasi. Untuk menghitung daya blower yang digunakan rumus sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2004).

- Daya blower

$$\text{Daya blower (Pw)} = \frac{w \times R \times T1}{550 \times n \times e} \times \left( \frac{P2}{P1} \right)^n - 1 \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan:

w = Berat aliran udara

R = Konstanta gas universal untuk udara (J/mole.K (SI units) atau ft.lb/(lb air).°R (US unit))

T1 = Temperatur absolut inlet = 20 °C = 16 °R

P2 = Tekanan absolut outlet

P1 = Tekanan absolut inlet

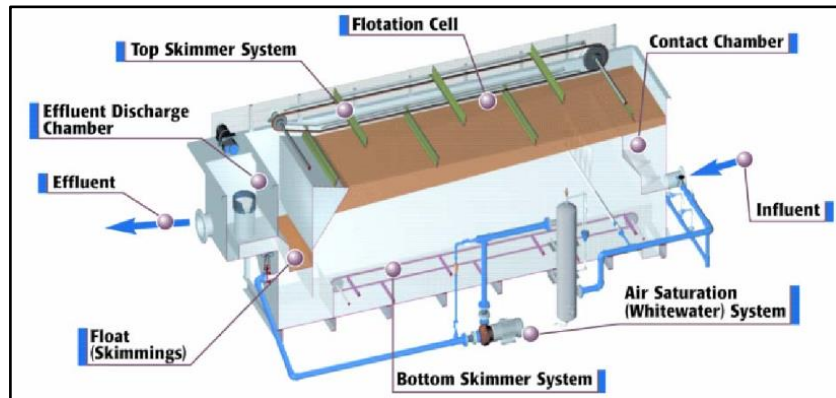
n untuk *single stage centrifugal blower* = 0,283

Faktor konversi ft.lb/s ke hp = 550

Efisiensi (E) = 0,7 – 0,9

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2004. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition, hal. 441)

#### 2.3.4 DAF (Dissolved Air Flotation)



Gambar 2.5 Komponen dalam Bak DAF *Rectangular*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/9pHGZgCmHBqn1cPT6>

Flotasi adalah unit operasi yang digunakan untuk memisahkan partikel padat atau cair dari fase cair. Pemisahan dilakukan dengan memasukkan gelembung gas halus (udara) ke dalam fase cair. Gelembung menempel pada partikel, dan gaya apung gabungan partikel dan gelembung gas cukup besar untuk menyebabkan partikel naik ke permukaan. Partikel yang memiliki densitas lebih tinggi dari cairan dengan demikian dapat dibuat naik.

*Air flotation* atau aerasi pada tekanan atmosfer terjadi ketika udara akan masuk kedalam fluida dengan menggunakan mekanisme rotor-disperser. Rotor yang terendam dalam fluida akan mendorong udara menjubukan disperser sehingga udara bercampur dengan air sehingga partikel yang mengapung dapat disisihkan. Sistem ini memiliki keuntungan antara lain tidak memerlukan area yang luas dan lebih efektif dalam menyisihkan partikel minyak

Proses flotasi udara terlarut/ *Dissolved Air Flotation* (DAF) merupakan sistem pengolahan air yang telah terbukti efektif dalam proses pemisahan partikel tak terlarut dari dalam air. Prinsip dari proses ini adalah terjadinya pengikatan flok

oleh gelembung-gelembung udara yang berasal dari proses pencampuran antara udara dengan air dalam tekanan tinggi, sehingga udara akan terlarut dalam air dan membentuk gelembung-gelembung udara dengan ukuran yang sangat kecil, antara 10 mm – 100 mm. Pada proses ini padatan tersuspensi dan akan dipisahkan dengan sistem mekanik (Andrian et al., 2020).

Sistem dalam flotasi udara terlarut/ *Dissolved Air Flotation* (DAF) udara didistribusikan dipecahkan dalam air limbah di bawah tekanan beberapa atmosfer, diikuti dengan pelepasan tekanan ke tingkat atmosfer. Dalam sistem tekanan kecil, seluruh aliran dapat diberi tekanan melalui pompa hingga 275 hingga 350 kPa dengan udara terkompresi ditambahkan pada *suction* pompa. Dalam tangki retensi di bawah tekanan selama beberapa menit untuk memberikan waktu bagi udara untuk larut, kemudian masuk melalui katup pengurang tekanan ke tangki flotasi di mana udara keluar dari oli dengan gelembung yang sangat halus (Metcalf & Eddy, 2004). Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut.

- Tekanan udara (P)

$$A/S = \frac{1,3 \times sa \times (fp-1)}{sa} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dengan:

A/S = Rasio udara per padatan; 0,005 – 0,06 (mL udara/mg padatan)

sa = Kelarutan udara (mg/L)

Tabel 2.2 Kelarutan Udara

Temperatur (°C)	0	10	20	30
sa (mg/L)	29,2	22,8	18,7	15,7

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2004)

P = Tekanan (atm)

Sa = Influent suspended solid (mg/L)

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2004. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th Edition, hal. 423)

- Volume Bak Flotasi

$$V = Q \times td \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan:

V = Volume bak flotasi (m<sup>3</sup>)

Q = Debit limbah (m<sup>3</sup>/s)

td = Waktu detensi (s)

- Luas Permukaan Bak Flotasi (A)

$$A = \frac{Q}{SLR} \dots\dots\dots (2.23)$$

dengan:

A = Luas permukaan (m<sup>2</sup>)

Q = Debit air limbah (m<sup>3</sup>/s)

SLR = *Surface Loading Rate* (L/m<sup>2</sup>.menit)

- Dimensi Bak Flotasi

$$V = L \times B \times H \dots\dots\dots (2.24)$$

Dengan:

V = Volume bak flotasi (m<sup>3</sup>)

L = Panjang bak (m)

B = Lebar bak (m)

H = Kedalaman air pada bak flotasi (m)

Menghitung konsentrasi TSS yang disisihkan:

- Konsentrasi TSS yang disisihkan

$$\text{TSS disisihkan} = \% \text{ removal} \times \text{TSS influent} \dots\dots\dots (2.25)$$

dengan:

TSS disisihkan = Jumlah TSS yang disisihkan (mg/L)

% removal = Persen TSS terremoval (%)

TSS influent = Jumlah TSS masuk (mg/L)

- TSS Effluent

$$\text{TSS Effluent} = \text{TSS Influent} - \text{TSS tersisih} \dots\dots\dots (2.26)$$

dengan:

TSS Effluent = Jumlah TSS yang keluar dari bak DAF (mg/L)

TSS Influent = Jumlah TSS masuk (mg/L)

TSS tersisih = Jumlah TSS yang disisihkan (mg/L)

- Berat TSS disisihkan (W TSS)

$$W \text{ TSS} = \text{TSS disisihkan} \times Q \text{ limbah} \dots\dots\dots (2.27)$$

dengan:



W TSS = Berat TSS yang disisihkan (kg/hari)

TSS disisihkan = Kadar TSS terremoval (mg/L)

Q limbah = Debit air limbah yang masuk (m<sup>3</sup>/hari)

- Debit TSS disisihkan (Q TSS disisihkan)

$$Q \text{ TSS disisihkan} = \frac{TSS \text{ tersisihkan}}{\rho \text{ solid}} \dots\dots\dots (2.28)$$

dengan:

Q TSS disisihkan = Debit TSS disisihkan (m<sup>3</sup>/hari)

TSS disisihkan = Jumlah/konsentrasi TSS yang disisihkan (mg/L)

$\rho$  solid = Massa jenis solid (kg/m<sup>3</sup>)

- Berat air yang terremoval (Wair)

$$W \text{ air} = \frac{(100\% - \% TSS)}{\% TSS} \times W \text{ TSS tersisihkan} \dots\dots\dots (2.29)$$

dengan:

Wair = Berat air terremoval (kg/hari)

W TSS = Berat TSS tersisihkan (kg/hari)

- Volume air (Vair)

$$V \text{ air} = \frac{W \text{ air}}{\rho \text{ air}} \dots\dots\dots (2.30)$$

dengan:

V air = Volume air terremoval (m<sup>3</sup>/hari)

W air = Berat air terremoval (kg/hari)

$\rho$  air = Massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

- Volume sludge (Vsludge)

$$V \text{ sludge} = V \text{ TSS} + V \text{ air} \dots\dots\dots (2.31)$$

dengan:

V sludge = Volume sludge (m<sup>3</sup>/hari)

V TSS = Volume TSS terremoval (m<sup>3</sup>/hari)

V air = Volume air terremoval (m<sup>3</sup>/hari)

- Berat sludge (W sludge)

$$W \text{ sludge} = V \text{ sludge} \times \rho \text{ sludge} \dots\dots\dots (2.32)$$

dengan:

W sludge = Berat sludge (kg/hari)

$V_{\text{sludge}}$  = Volume sludge ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )  
 $\rho_{\text{sludge}}$  = Massa jenis sludge ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Menghitung konsentrasi minyak lemak yang disisihkan:

- Konsentrasi minyak lemak yang disisihkan  
 Minyak lemak disisihkan = % removal  $\times$  minyak lemak influent ..... (2.33)  
 dengan:

Minyak lemak disisihkan = Jumlah minyak lemak yang disisihkan ( $\text{mg}/\text{L}$ )

% removal = Persen minyak lemak terremoval (%)

Minyak lemak influent = Jumlah minyak lemak masuk ( $\text{mg}/\text{L}$ )

- Minyak lemak Effluent  
 Minyak lemak eff = Minyak lemak Influent – Minyak lemak tersisih .... (2.34)  
 dengan:

Minyak lemak Effluent = Minyak lemak yang keluar dari DAF ( $\text{mg}/\text{L}$ )

Minyak lemak Influent = Jumlah minyak lemak masuk ( $\text{mg}/\text{L}$ )

Minyak lemak tersisih = Jumlah minyak lemak yang disisihkan ( $\text{mg}/\text{L}$ )

- Berat minyak lemak disisihkan ( $W$  minyak lemak)  
 $W$  minyak lemak = Minyak lemak disisihkan  $\times$   $Q$  limbah ..... (2.35)  
 dengan:

$W$  minyak lemak = Berat minyak lemak yang disisihkan ( $\text{kg}/\text{hari}$ )

Minyak lemak disisihkan = Kadar minyak lemak terremoval ( $\text{mg}/\text{L}$ )

$Q$  limbah = Debit air limbah yang masuk ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

- Debit minyak lemak disisihkan ( $Q$  minyak lemak disisihkan)  
 $Q$  minyak lemak disisihkan =  $\frac{\text{minyak lemak tersisihkan}}{\rho_{\text{minyak}}}$  ..... (2.36)  
 dengan:

$Q$  minyak lemak disisihkan = Debit minyak lemak disisihkan ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

TSS disisihkan = Jumlah/konsentrasi TSS yang disisihkan ( $\text{mg}/\text{L}$ )

$\rho_{\text{minyak}}$  = Massa jenis solid ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Gutter

- Volume Gutter (saluran pelimpah)  
 $V_{\text{Gutter}} = Q \times t_d$  ..... (2.37)  
 dengan:

V Gutter = Volume gutter (m<sup>3</sup>)

Q = Debit effluent (m<sup>3</sup>/s)

td = Waktu detensi (s)

- Tinggi air di atas gutter (hair)

$$Q = \frac{2}{3} \times Cd \times B \times \sqrt{2 \times g} \times h^{3/2} \dots\dots\dots (2.38)$$

dengan:

Q = Debit effluent (m<sup>3</sup>/s)

Cd = Koef kontraksi (0,62)

B = Lebar bak (m)

Untuk menghitung daya blower yang digunakan rumus sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2004).

- Daya blower

$$\text{Daya blower (Pw)} = \frac{w \times R \times T1}{550 \times n \times e} \times \left( \frac{P2}{P1} \right)^n - 1 \dots\dots\dots (2.39)$$

Dengan:

w = Berat aliran udara

R = Konstanta gas universal untuk udara (J/mole.K (SI units) atau ft.lb/(lb air).°R (US unit))

T1 = Temperatur absolut inlet = 20 °C = 16 °R

P2 = Tekanan absolut outlet

P1 = Tekanan absolut inlet

n untuk *single stage centrifugal blower* = 0,283

Faktor konversi ft.lb/s ke hp = 550

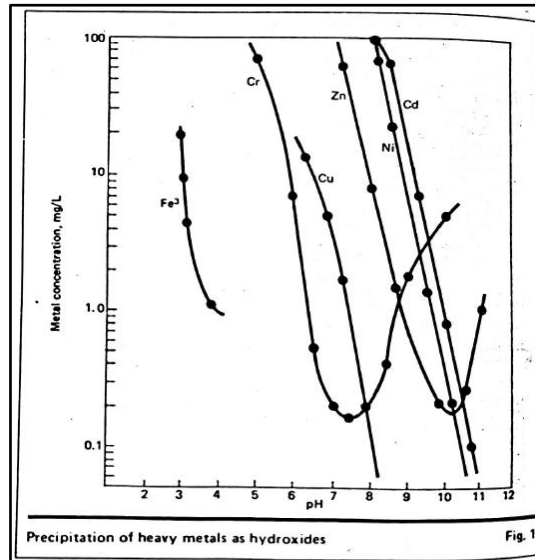
Efisiensi (E) = 0,7 – 0,9

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2004. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition, hal. 441)

### 2.3.5 Presipitasi

Logam berat adalah logam yang menjadi perhatian khusus dalam pengolahan air limbah industri, seperti tembaga, perak, seng, kadmium, merkuri, timbal, kromium, besi, dan nikel. Sebagian besar logam berat yang ditemukan dalam proses pengolahan limbah berada dalam bentuk anorganik. Metode yang

paling umum untuk menghilangkan logam berat anorganik adalah presipitasi kimia atau pengendapan kimia. Kurva presipitasi teoritis untuk berbagai logam sebagai hidroksida ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.6 Kurva presipitasi teoritis untuk berbagai logam sebagai hidroksida

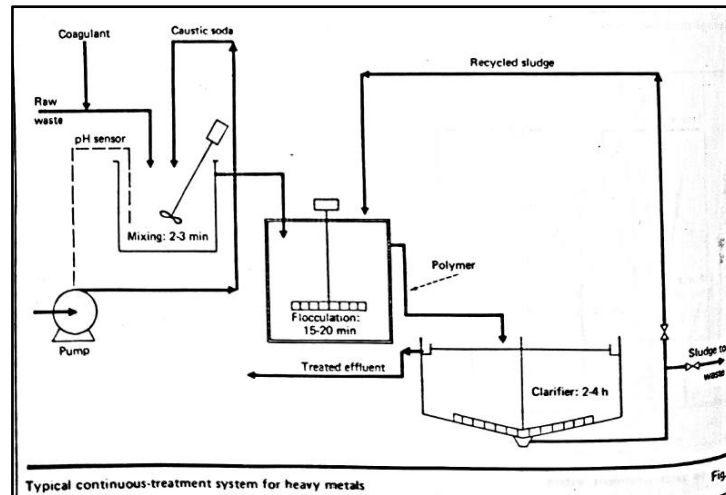
Sumber: (Lanouette, 1976)

Logam mengendap pada berbagai tingkat pH, tergantung pada faktor-faktor seperti logam itu sendiri, garam tidak larut yang telah terbentuk (misalnya, hidroksida, karbonat, sulfida, dll.), adanya zat pengompleks seperti amonia, asam sitrat, asam etilendiamintetra asetat (EDTA), dll.

Ketika terdapat dua atau lebih logam berat ditemukan dalam aliran limbah yang sama, pH optimum untuk pengendapan mungkin berbeda untuk setiap ion. Metode yang dapat digunakan untuk mengendapkan satu atau lebih logam pada sumber pada satu pH, dan mengolah aliran yang tersisa pada pH lain, yaitu:

- Menyelidiki zat pengompleks atau *chelating* lainnya untuk menentukan pengaruhnya terhadap proses pengendapan.
- Menggunakan skala *batch* dengan menggunakan sampel limbah yang akan diolah untuk menentukan proses pengolahan yang optimal.
- Uji presipitasi harus menggunakan berbagai kemungkinan bahan kimia untuk menentukan mana yang menghasilkan efluen yang paling dapat diterima.
- pH harus disesuaikan pada kisaran yang sesuai.
- Menyelidiki penggunaan polimer untuk membantu koagulasi presipitat.

- Waktu yang diperlukan untuk pencampuran dan sedimentasi yang tepat juga dapat ditentukan dengan program pengujian skala *batch*. Setelah diuji menggunakan skala *batch*, dapat diterapkan pada skala kontinyu, yakni pada instalasi pengolahan air limbah seperti pada gambar 2.12.



Gambar 2.7 Pengolahan limbah skala kontinyu untuk meremoval logam berat

Sumber: (Lanouette, 1976)

Tabel 2.3 Bahan kimia yang dapat digunakan untuk presipitasi

Logam berat	pH pengendapan	Konsentrasi akhir (mg/L)	Agen presipitasi
Cadmium (Cd)	10	0,1	Lime (CaOH <sub>2</sub> ), soda ash (kasus tertentu, memberikan reaksi kimia yang lebih baik)
Krom heksavalen (Cr <sup>6+</sup> )	9	0,5	Lime (CaOH <sub>2</sub> ), Caustic
Krom total (Cr)	9	0,5	Lime (CaOH <sub>2</sub> ), Caustic
Tembaga (Cu)	10	0,5	Lime (CaOH <sub>2</sub> ), Caustic
Nikel (Ni)	10	0,5	Lime (CaOH <sub>2</sub> ), atau soda ash (kasus tertentu, memberikan reaksi kimia yang lebih baik)
Seng (Zn)	9	0,5	Lime (CaOH <sub>2</sub> ), Caustic

Sumber: (Lanouette, 1976)

Cr<sup>6+</sup> diubah menjadi Cr<sup>3+</sup> menggunakan besi sulfat. Pengendapan maksimum Cr<sup>3+</sup> terjadi pada ph 8,7 dengan penambahan CaOH<sub>2</sub> dan konsentrasi kromat diturunkan dari 30 mg/L menjadi 0,01 mg/L. *Caustic* (NaOH) digunakan

dalam instalasi yang lebih kecil di mana biaya kimia harian tidak akan signifikan. *Lime* (CaOH<sub>2</sub>) memiliki biaya yang lebih rendah, lebih disukai terutama pada instalasi yang menggunakan lebih dari satu setengah ton per hari, tidak memerlukan peralatan *slaking*, kemudahan kontrol pH (8 – 11), dan dapat diumpangkan langsung ke sistem reaksi (Lanouette, 1976).

Adapun untuk persamaan reaksi kimia antara masing-masing logam berat ketika ditambahkan CaOH<sub>2</sub> adalah sebagai berikut.



Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition, hlm. 515

### 2.3.6 Netralisasi

Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan pH atau keasaman air baku sampai menjadi netral. Hal tersebut dimaksudkan agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Bahan kimia yang umum dipakai yaitu asam sulfat atau asam klorida untuk menetralkan air baku yang bersifat alkali. Sedangkan untuk air baku yang bersifat asam umumnya digunakan soda ash atau soda abu dan kapur tohor (Said, 2017).

Proses penetralan umumnya dilakukan dengan pengadukan di dalam bak pencampur dengan waktu detensi berkisar antara 5 sampai 30 menit, dan biasanya dilengkapi dengan kontrolir pH. Penetralan dengan memakai kapur dapat menimbulkan endapan garam kalsium (Said, 2017). Dalam proses netralisasi, terdapat dua (2) sistem yang digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem sistem tersebut diantaranya sebagai berikut (Eckenfelder, 2000).

- Sistem batch biasa digunakan pada air limbah yang memiliki debit lebih kecil dari 380 m<sup>3</sup>/hari.
- Sedangkan sistem continue membutuhkan pengaturan tingkat keasaman (pH).

Apabila udara diperlukan untuk proses pengadukan, maka aliran udara minimum yang dibutuhkan berkisar antara  $1 - 3 \text{ ft}^3/\text{mm.ft}^2$  atau  $0,3 - 0,9 \text{ m}^3/\text{mm.m}^2$  dengan kedalaman 9 ft (2,7 m). Apabila sistem pengadukan dilakukan secara mekanis, maka daya yang dibutuhkan berkisar antara 0,2 – 0,4 hp/ribu.gal (0,04 - 0,08 kW/m<sup>3</sup>).

### 2.3.7 Koagulasi-Flokulasi

Ketika memasuki proses koagulasi, terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (koagulan). Koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal  $\text{Al}^{3+}$ ) dengan ion negatif dari partikel (misal  $\text{OH}^-$ ) dan antara ion positif dari partikel (misal  $\text{Ca}^{2+}$ ) dengan ion negatif dari koagulan (misal  $\text{SO}_4^{2-}$ ) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Masduqi & Assomadi, 2016).

Bila koagulan ditambahkan ke dalam air, reaksi yang terjadi antara lain:

- Pengurangan zeta potensial (potensial elektrostatis) hingga suatu titik dimana gaya van der Waals dan agitasi yang diberikan menyebabkan partikel yang tidak stabil bergabung serta membentuk flok;
- Agregasi partikel melalui rangkaian inter partikulat antara grup-grup reaktif pada koloid;
- Penangkapan partikel koloid negatif oleh flok-flok hidroksida yang mengendap.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi antara lain:

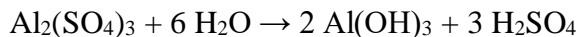
- Kualitas air meliputi gas-gas terlarut, warna, kekeruhan, rasa, bau, dan kesadahan;
- Jumlah dan karakteristik koloid;
- Derajat keasaman air (pH);
- Pengadukan cepat, dan kecepatan paddle;
- Temperatur air;
- Alkalinitas air, bila terlalu rendah ditambah dengan pembubuhan kapur;

- Karakteristik ion-ion dalam air.

Koagulan merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (secara grafitasi). Kekeruhan dan warna dapat dihilangkan melalui penambahan koagulan atau sejenis bahan-bahan kimia antara lain. Jenis-jenis koagulan yang sering digunakan adalah sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2004).

a. Alumunium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ )

Alumunium sulfat dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air buangan. Koagulan ini biasanya disebut tawas, bahan ini dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Koagulan ini membutuhkan kehadiran alkalinitas dalam air untuk membentuk flok. Dalam reaksi koagulasi, flok alum dituliskan sebagai  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Mekanisme koagulasi ditentukan oleh pH, konsentrasi koagulan dan konsentrasi koloid. Koagulan dapat menurunkan pH dan alkalinitas karbonat. Rentang pH agar koagulasi dapat berjalan dengan baik antara 4,5 – 7 (Eckenfelder, 2000). Adapun reaksi dasarnya adalah sebagai berikut.



b. Koagulan Ferrie Chloride ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )

Dalam pengolahan air penggunaannya terbatas karena bersifat korosif dan tidak tahan untuk penyimpanan yang terlalu lama.

c. Koagulan Ferrous Sulfate ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

Dikenal sebagai Copperas, bentuk umumnya adalah granular. Ferrous Sulfate dan lime sangat efektif untuk proses penjernihan air dengan pH tinggi (pH > 10).

d. Koagulan Chlorinated Copperas ( $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ ),  $\text{FeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Dibuat dengan menambahkan klorin untuk mengioksidasi Ferrous Sulfate. Keuntungan penggunaan koagulan ini adalah dapat bekerja pada jangkauan pH 4,8 hingga 11.

e. Koagulan Sodium Aluminate ( $\text{NaAlO}_2$ )

Digunakan dalam kondisi khusus karena harganya yang relatif mahal. Biasanya digunakan sebagai koagulan sekunder untuk menghilangkan warna dan dalam proses pelunakan air dengan lime soda ash.



f. Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC)

Polimer alumunium merupakan jenis baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi air sebagai dasarnya adalah alumunium yang berhubungan dengan unsur lain membentuk unit berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang, pada PAC unit berulangnya adalah Al-OH.

PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung efisien. Namun terdapat kendala dalam menggunakan PAC sebagai koagulan aids yaitu perlu pengarahan dalam pemakaiannya karena bersifat higroskopis.

Pengadukan terdiri dari beberapa jenis dan tipe. Adapun jenis pengadukan dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metode pengadukannya. Berdasarkan kecepatan pengadukannya, dibedakan menjadi:

a. Pengadukan Cepat

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air (Masduqi & Assomadi, 2016). Waktu pengadukan cepat dari 20-60 detik, dengan gradien kecepatan 700- 1000/s. Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan pengadukan mekanik, pengadukan pneumatis, dan baffle basins (Reynolds & Richards, 1996).

b. Pengadukan Lambat

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar (Masduqi & Assomadi, 2016). Waktu pengadukan cepat dari 15- 30 menit, dengan gradien kecepatan 20-70/s. Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan pengadukan mekanik dan pengadukan hidrolis (Reynolds & Richards, 1996).

Sedangkan berdasarkan metode pengadukannya, pengadukan dibedakan menjadi:

a. Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik.

Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam impeller, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling).

- Paddle impeller

Paddle impeller biasanya memiliki dua atau empat blades. Blades dapat berbentuk pitch atau vertikal. Tipe yang umum digunakan yaitu vertikal. Diameter paddle impeller biasanya 50-80% dari diameter atau lebar tangki. Dan lebar paddle biasanya 1/6 atau 1/10 dari diameter. Jarak paddle yaitu 50% dari diameter di atas dasar tangki. Kecepatan paddle berkisar antara 20- 150 rpm. Paddle impeller tidak seefisien turbin, karena tidak menghasilkan banyak turbulensi dan gaya geser (Reynolds & Richards, 1996).

- Propeller impeller

Propeller impeller memiliki dua atau tiga blades. Pitch didefinisikan sebagai jarak cairan bergerak secara aksial selama satu revolusi. Biasanya pitch adalah 1,0 atau 2,0 dan diameter propeller maksimum 18 inchi. Kecepatan propeller biasanya 400 – 1750 rpm. Agitator propeller sangat efektif dalam tangki besar, karena kecepatan tinggi (Reynolds & Richards, 1996).

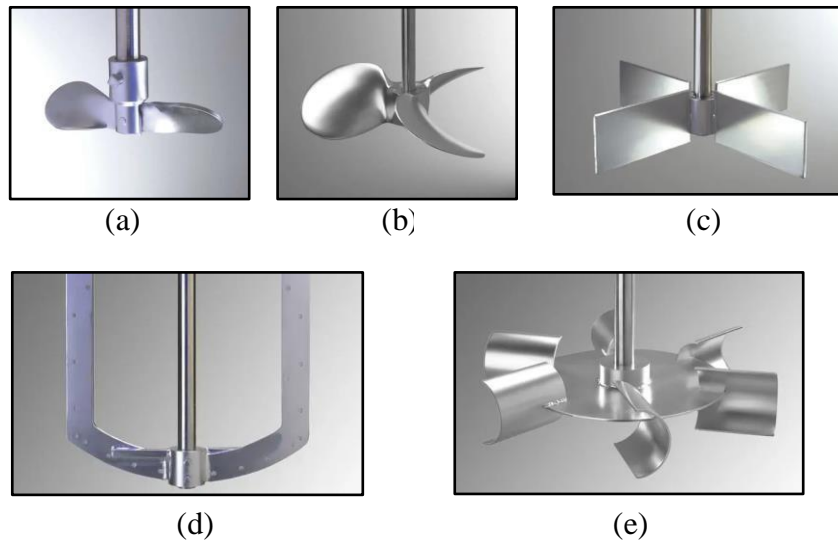
Power yang dihasilkan dari berbagai impeller dapat ditentukan dengan menggunakan hubungan yang dikembangkan oleh Rushton. Daya tangki tidak sama, sesuai dengan nilai konstanta impeller, KT dan KL.

Tabel 2.4 Konstanta KT dan KL

Jenis impeller	KT	KL
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41,0	0,32
<i>Propeller, pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1,00
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60,0	5,31
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65,0	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70,0	4,80
<i>Fan turbine, 6 blades at 45°</i>	70,0	1,65
<i>Shroude turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shroude turbine, eith stator, no baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat paddles, 2 blades (single paddle), Di/Wi = 4</i>	43,0	2,25
<i>Flats paddles, 2 blades, Di/Wi = 6</i>	36,5	1,70
<i>Flats paddles, 2 blades, Di/Wi = 8</i>	33,0	1,15
<i>Flats paddles, 4 blades, Di/Wi = 6</i>	49,0	2,75
<i>Flats paddles, 6 blades, Di/Wi = 8</i>	71,0	3,82

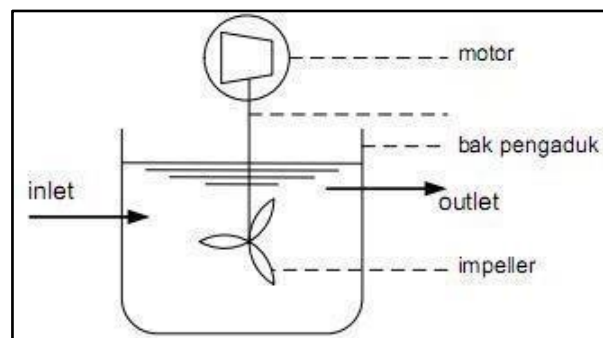
(Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:188))

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam kurun waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam pengadukan mekanis yaitu gradien kecepatan ( $G$ ) dan  $td$ . Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan  $G$  di kompartemen I lebih besar daripada  $G$  di kompartemen II, dan  $G$  di kompartemen III yang paling kecil. Pengadukan mekanis umumnya digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi hingga membentuk roda (paddle wheel), baik dengan posisi horizontal maupun vertikal.



Gambar 2.8 (a) 2 blade impeller (b) 3 blade impeller (c) 4 blade impeller  
(d) Anchor Type Impeller (e) Agitator Impeller

Sumber: <https://www.directindustry.com/prod/lightnin/product-24564-59977.html>



Gambar 2.9 Pengadukan Cepat dengan Pengadukan Mekanis

Sumber: (Masduqi & Assomadi, 2016)

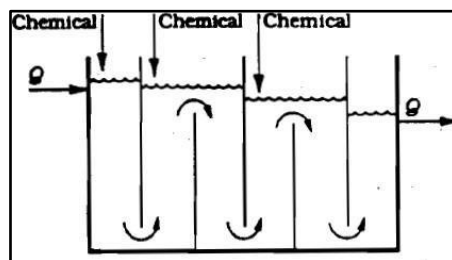
Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam kurun waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam pengadukan mekanis yaitu gradien kecepatan ( $G$ ) dan  $td$ . Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan  $G$  di kompartemen I lebih besar daripada  $G$  di kompartemen II, dan  $G$  di kompartemen III yang paling kecil. Pengadukan mekanis umumnya digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi hingga membentuk roda (paddle wheel), baik dengan posisi horizontal maupun vertikal.

#### b. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran.

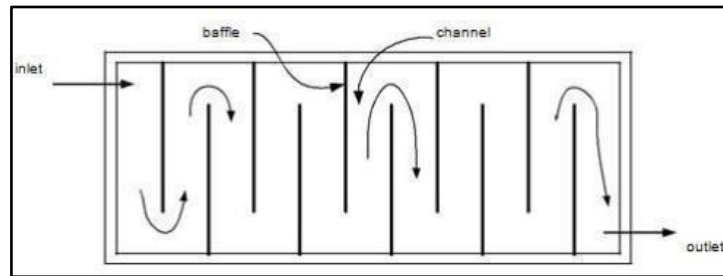
Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolik, dan parshall flume.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat/baffle channel, perforated wall, gravel bed dan sebagainya (Reynolds & Richards, 1996).



Gambar 2.10 Baffle Basin Rapid Mixing

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996)



Gambar 2.11 Baffle Channel untuk Pengadukan Lambat

Sumber: (Masduqi & Assomadi, 2016)

Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

**Bak Pembubuh Koagulan**

- Kebutuhan koagulan harian

$$\text{Kebutuhan koagulan} = \text{Dosis koagulan} \times Q \dots\dots\dots (2.45)$$

dengan :

Kebutuhan koagulan = Jumlah koagulan dibutuhkan (kg/hari)

Dosis koagulan = Dosis optimum koagulan (mg/L)

Q = Debit air limbah (m<sup>3</sup>/s)

- Debit koagulan per hari

$$Q \text{ koagulan} = \frac{\text{Kebutuhan koagulan}}{p \text{ koagulan}} \times td \dots\dots\dots (2.46)$$

dengan :

Q koagulan = Debit koagulan (L/hari)

Kebutuhan koagulan = Jumlah koagulan dibutuhkan perhari (kg/hari)

p koagulan = Massa jenis koagulan (kg/L)

td = Periode / lama pelarutan (hari)

- Debit air pelarut

$$Q \text{ pelarut} = \frac{100 - \% \text{ pelarutan}}{\% \text{ pelarutan}} \times Q \text{ koagulan} \dots\dots\dots (2.47)$$

dengan :

Q air pelarut = Air yang dibutuhkan melarutkan koagulan (m<sup>3</sup>/hari)

Kadar air pelarut = Persen kandungan air dalam larutan

Q koagulan = Debit koagulan per hari (m<sup>3</sup>/hari)

- Total debit tangki pembubuh  

$$Q \text{ total} = Q \text{ koagulan} + Q \text{ air pelarut} \dots\dots\dots (2.48)$$

dengan:

$Q \text{ koagulan} = \text{Volume koagulan per hari (m}^3\text{/hari)}$

$Q \text{ pelarut} = \text{Volume air pelarut per hari (m}^3\text{/hari)}$

- Volume tangki pembubuh (pembubuhan dilakukan 1 hari)  

$$V = Q \text{ total} \times t_d \dots\dots\dots (2.49)$$

dengan:

$Q \text{ total} = \text{Debit total tangki pembubuh (m}^3\text{/hari)}$

$t_d = \text{Periode / lama pelarutan (hari)}$

- Kedalaman air pada bak pembubuh  

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \text{ air} \dots\dots\dots (2.50)$$

dengan :

$V = \text{Volume tangki pembubuh (m}^3\text{)}$

$D = \text{Diameter tangki pembubuh (m)}$

$hair = \text{Kedalaman air dalam bak pembubuh (m)}$

- Supply tenaga ke air / daya pengaduk  

$$P = G^2 \times \mu \times V \dots\dots\dots (2.51)$$

dengan :

$P = \text{Supply tenaga ke air (Watt)}$

$G = \text{Gradien kecepatan (L/s)}$

$\mu = \text{Viskositas absolut (N.s/m}^2\text{)}$

$V = \text{Volume bak pembubuh (m}^3\text{)}$

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A.. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 187. Boston: PWS Publishing Company)

- Diameter impeller  

$$D_i = \left( \frac{P}{K_T \times \eta^3 \times \rho} \right)^{1/5} \dots\dots\dots (2.52)$$

dengan :

$P = \text{Supply tenaga ke air (Watt)}$

KT = Konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

$\eta$  = Kecepatan putaran (rps)

$\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

- Jarak Impeller dengan dasar ( $H_i$ )

$$H_i = \% \times D_i \dots\dots\dots (2.53)$$

dengan :

$H_i$  = Jarak impeller dengan dasar (m)

$D_i$  = Diameter impeller

$\%$  = Persentase diameter (30 – 50%  $D_i$ )

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 184. Boston: PWS Publishing Company)

- Cek diameter impeller

$$\text{Cek D} = \frac{D_{\text{Impeler}}}{D_{\text{tangki}}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.54)$$

dengan :

$D_{\text{impeller}}$  = Diameter impeller tangki (m)

$D_{\text{tangki}}$  = Diameter tangki (m)

Cek D harus memenuhi range 30-50%

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 185. Boston: PWS Publishing Company).

- Lebar impeller

$$W_i = \frac{1}{x} \times D_{\text{tangki}} \dots\dots\dots (2.55)$$

dengan :

$W_i$  = Lebar impeller (m)

$D_{\text{tangki}}$  = Diameter tangki (m)

Lebar impeller = 1/6 – 1/10

- Cek bilangan Reynold

$$N_{re} = \frac{(D_i^2) \times \eta \times \rho}{\mu} \dots\dots\dots (2.56)$$

dengan :

- $N_{re}$  = bilangan Reynold  
 $D_i$  = Diameter impeller/pengaduk (m)  
 $\Omega$  = Kecepatan putaran (rps)  
 $\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $\mu$  = Viskositas absolut ( $\text{N.s/m}^2$ )

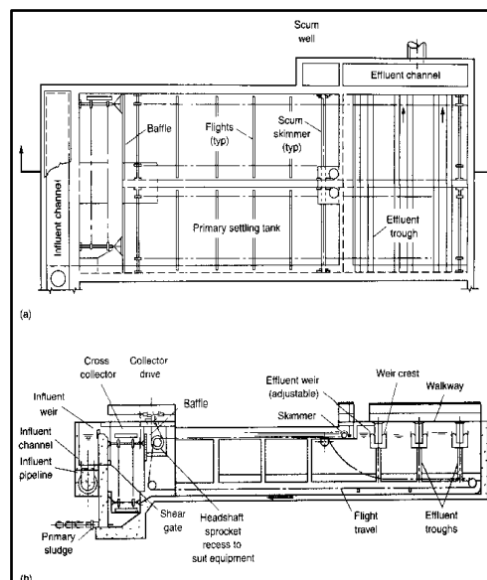
Bilangan reynold dalam pengadukan cepat =  $N_{re} > 10000$  Turbulen

Bilangan reynold dalam pengadukan ceplambat =  $N_{re} < 2000$  Laminer

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 187. Boston: PWS Publishing Company)

### 2.3.8 Sedimentasi (Bak Pengendap 1)

Tujuan dari pengolahan dengan sedimentasi adalah untuk menghilangkan padatan yang mudah mengendap dan material yang mengapung, sehingga dapat mengurangi kandungan padatan tersuspensi. Sedimentasi primer digunakan sebagai langkah awal dalam pengolahan lebih lanjut air limbah. Sedimentasi yang dirancang dan dioperasikan secara efisien harus menghilangkan 50 hingga 70 persen padatan tersuspensi dan dari 25 hingga 40 persen BOD (Metcalf & Eddy, 2004).



Gambar 2.12 Bak Sedimentasi (a) denah (b) potongan

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2004)



Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

1. Zona Inlet

Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ( $\pm 25\%$  panjang bak)

2. Zona Outlet

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

3. Zona Settling

Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya

4. Zona Sludge

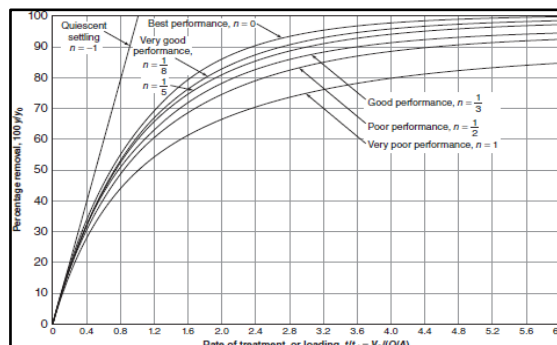
Kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet.

Inlet baffle efektif dalam mengurangi kecepatan awal yang tinggi dan mendistribusikan aliran pada luas penampang yang seluas mungkin. Jika baffle lebar penuh digunakan, baffle harus memanjang dari 150 mm di bawah permukaan hingga 300 mm di bawah bukaan pintu masuk (Metcalf & Eddy, 2004). Adapun rumus-rumus yang dapat digunakan antara lain:

- Kecepatan pengendapan partikel

Menentukan peformasi dari bak Sedimentasi berdasarkan persen removal TSS, bisa memilih menggunakan efektivitas performancinya.



Gambar 2.13 *Performance curves for settling basins of varying effectiveness*

Sumber: (Fair et al., 1971)

$$A = \frac{Q}{OFR} \dots\dots\dots (2.57)$$

dengan:

Q/A = Over Flowrate

- Massa jenis partikel flok ( $\rho$ )

$$\rho = Sg \times \rho \text{ air}$$

dengan:

Sg = specific gravity

$\rho$  = massa jenis partikel flok ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho \text{ air}$  = massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

- Diameter partikel ( $D_p$ )

$$D_p = \left( \frac{V_s \times 18 \times v}{g \times (S_s - 1)} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (2.58)$$

dengan:

vs = kecepatan pengendapan (m/s)

g = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

v = viskositas kinematis ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

Ss = specific gravity

- Cek kecepatan penggerusan (V scouring)

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times g \times (S_g - 1) \times D_p}{\alpha}} \dots\dots\dots (2.59)$$

dengan:

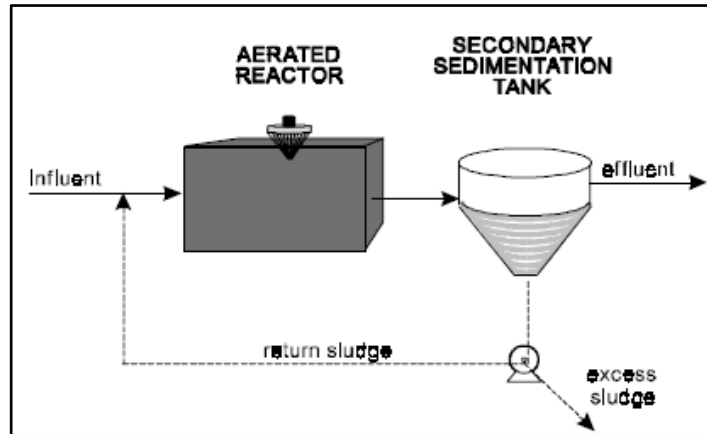
$\lambda, \beta$  = kontrol penggerusan

g = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

dp = diameter partikel (m)

### 2.3.9 Activated Sludge

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi, pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4$ , dan sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan.



Gambar 2.14 Proses activated sludge

Sumber: (Sperling, 2007)

Activated sludge merupakan metode yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai katalis untuk menguraikan material yang terkandung di dalam air limbah. Mikroorganisme sendiri selain menguraikan dan menghilangkan kandungan material, juga menjadikan material yang terurai tadi sebagai tempat berkembang biaknya.

Pengaturan jumlah massa mikroba dalam sistem lumpur aktif dapat dilakukan dengan baik dan relatif mudah karena pertumbuhan mikroba dalam kondisi tersuspensi sehingga dapat terukur dengan baik melalui analisa laboratorium. Tetapi jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya operasi sistem ini jauh lebih rumit. Khususnya untuk limbah industri dengan karakteristik tertentu.

Tujuan dari proses pengolahan menggunakan unit activated sludge yaitu untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah Sedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ , sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi (Sperling, 2007).

Pada kondisi aerobik, proses penghilangan amonia terjadi proses nitrifikasi, yaitu nitrogen amonium diubah menjadi nitrat ( $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$ ) dan pada kondisi anaerobik terjadi proses denitrifikasi yaitu nitrat yang terbentuk diubah menjadi gas nitrogen ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$ ) (Said, 2017).

Senyawa fenol merupakan senyawa organik yang potensial untuk didegradasi secara oksidasi. Bakteri yang mampu mendegradasi fenol antara lain *Pseudomonas* sp., *Acinetobacter* sp., dan *Arthrobacter* sp. Selain itu berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, bakteri *Serratia* sp. juga mampu mendegradasi senyawa fenol yang terkandung dalam limbah industri. Semakin besar konsentrasi MLSS, semakin besar penurunan fenol. Semakin besar konsentrasi MLSS berarti semakin banyak jumlah mikroba yang memanfaatkan fenol sebagai sumber makanan dan mendegradasi fenol tersebut sehingga penurunan fenol semakin besar (Cho et al., 2000).

Adapun rumus-rumus yang dapat digunakan untuk menghitung antara lain:

- Partikulat BOD di Effluent

$$\text{BOD Partikulat} = \left( \frac{\text{VSS}}{\text{SS}} \right) \times fb \dots\dots\dots (2.60)$$

dengan :

fb = Biodegradable Fraction of VSS

BODPartikulat = Partikulat BOD di Effluent (mg BOD/mg SS)

- BOD yang teremoval

$$\text{BOD Removal} = \text{BOD influent (Co)} \times \% \text{ removal} \dots\dots\dots (2.61)$$

dengan :

Co = BOD influent (mg/L)

% removal = Kemampuan meremoval unit

- BOD yang lolos

$$\text{Cr} = \text{Co} - \text{BOD teremoval} \dots\dots\dots (2.62)$$

dengan :

Co = BOD Influent(mg/l)

Cr = BOD effluent (mg/l)

- Debit Resirkulasi (Qr)

$$\text{Qr} = \text{Qo} \times \text{R} \dots\dots\dots (2.63)$$

dengan :

Qr = Debit resirkulasi (m<sup>3</sup>/s)

R = Ratio resirkulasi

Qo = Debit per unit (m<sup>3</sup>/s)

- Debit yang masuk ke bak AS ( $Q_{in}$ )

$$Q_{in} = Q_o + Q_r \dots\dots\dots (2.64)$$

dengan :

$Q_{in}$  = Debit yang masuk ke bak AS ( $m^3/hari$ )

$Q_o$  = Debit per unit ( $m^3/s$ )

$Q_r$  = Debit resirkulasi ( $m^3/s$ )

- Volume reaktor

$$V = \frac{Y \times \theta \times Q \times (S_o - S)}{X_v (1 + F_b \times K_d \times \theta_c)} \dots\dots\dots (2.65)$$

dengan :

$V_r$  = Volume reaktor ( $m^3$ )

$\theta_c$  = Umur lumpur (hari)

$Q_r$  = Debit resirkulasi ( $m^3/s$ )

$Y$  = Koefisien batas pertumbuhan ( $mg.Vss/mg.BOD$ )

$S_i$  = Konsentrasi BOD dalam reaktor ( $kg/ m^3$ )

$S_e$  = BOD terlarut dari effluent ( $mg/L$ )

$X_v$  = MLSS ( $mg/L$ )

$F_b$  = Biodegradable Fraction of VSS

$K_d$  = Koefisien Endogeneous (hari)

- Konsentrasi resirkulasi

$$X_r = \frac{X \times (1+R)}{R} \dots\dots\dots (2.66)$$

dengan :

$X_r$  = konsentrasi resirkulasi

$X_x$  = konsentrasi MLSS ( $mgVSS/L$ )

$R$  = rasio resirkulasi

- Kuantitas lumpur yang dihasilkan setiap hari ( $\gamma_{obs}$ )

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + f_b \times K_d \times \theta_c} \dots\dots\dots (2.67)$$

dengan :

$\gamma_{obs}$  = Kuantitas lumpur tiap hari ( $mg.Vss/mg.BOD$ )

$Y$  = Koefisien batas pertumbuhan ( $mg.Vss/mg.BOD$ )

$K_d$  = Koefisien Endogeneous (hari)

$\theta_c$  = umur lumpur (hari)

- Kontrol F/M ratio

$$F/M = \frac{Q_{in} \times S_0}{vol \times X_v} \dots\dots\dots (2.68)$$

dengan :

F/M = F/M ratio (/hari)

$Q_{in}$  = Debit per unit ( $m^3/s$ )

$S_0$  = Konsentrasi BOD dalam reaktor ( $kg/m^3$ )

Vol = Volume reaktor ( $m^3$ )

$X_v$  = MLVSS ( $kg/m^3$ )

- Kebutuhan oksigen total

$$\text{Kebutuhan } O_2 = \frac{1,46 \times Q_{in} \times (C_0 - C_r)}{10^3} \dots\dots\dots (2.69)$$

dengan :

$Q_{in}$  = Debit influent ( $m^3/s$ )

$C_0$  = BOD influent (mg/l)

$C_r$  = BOD effluent (mg/l)

- Kebutuhan power aerator

$$P = \frac{\text{kebutuhan } O_2}{\text{Standard oxygenation efficiency}} \dots\dots\dots (2.70)$$

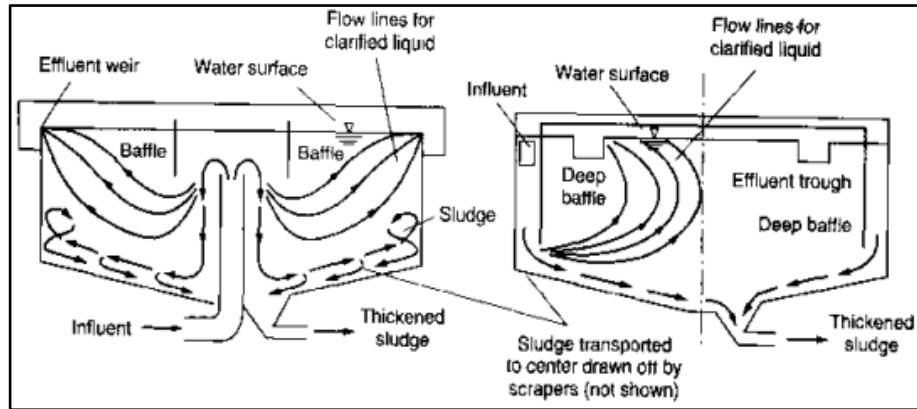
dengan :

P = Kebutuhan power aerator

Standard efisiensi oksigen = 1,8 kg  $O_2$ /kW.jam

### 2.3.10 Clarifier

Clarifier adalah pengolahan lanjutan dari pengolahan terdahulu jika banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah khusus, seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri patogen lainnya. Clafier sama dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis.



(a)

(b)

Gambar 2.15 Influent pipa dalam unit clarifier (a) di tengah (b) di samping

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2004)

Dalam tangki melingkar, pola alirannya radial (berlawanan dengan horizontal). Untuk mencapai pola aliran radial, air limbah yang akan disetel dapat dimasukkan di tengah atau di sekitar pinggiran tangki, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.16. Kedua konfigurasi aliran bisa digunakan, meskipun tipe influent tengah lebih umum, terutama untuk pengolahan primer. Dalam desain influent tengah (lihat Gambar 2.16a), air limbah diangkut ke pusat tangki dalam pipa yang digantungkan dari jembatan, atau dibungkus dengan beton di bawah lantai tangki (Metcalf & Eddy, 2004).

Di tengah tangki, air limbah memasuki sumur melingkar yang dirancang untuk mendistribusikan aliran secara merata ke segala arah. Sumur tengah memiliki diameter biasanya antara 15 dan 20 persen dari diameter tangki total dan kedalaman berkisar dari 1 hingga 2,5 m. Air limbah mengalir secara spiral di sekitar tangki dan di bawah baffle, dan cairan yang telah dijernihkan disaring melewati pelimpah/weir di kedua sisi.

Tangki melingkar dengan diameter 3,6 hingga 9 m memiliki peralatan penghilang padatan (scraper) didukung pada balok yang membentang tangki. Tangki berdiameter 10,5 m dan lebih besar memiliki dermaga pusat yang mendukung mekanisme dan dicapai dengan jembatan.

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).

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada unit clarifier antara lain:

- Kecepatan pengendapan partikel ( $v_s$ )

$$v_s = \frac{H}{t_d} \dots\dots\dots (2.71)$$

dengan:

$v_s$  = kecepatan pengendapan (m/s)

$H$  = tinggi clarifier (m)

$t_d$  = waktu detensi (s)

- Diameter partikel ( $D_p$ )



$$D_p = \sqrt{\frac{V_s \cdot 18 \cdot v}{g (S_s - 1)}} \dots\dots\dots (2.72)$$

dengan:

$v_s$  = kecepatan pengendapan (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$v$  = viskositas kinematis (m<sup>2</sup>/s)

$S_s$  = specific gravity

- Kecepatan horizontal di bak ( $V_h$ )

$$V_h = \frac{Q_{in}}{\pi \times D \times H} \dots\dots\dots (2.73)$$

dengan:

$V_h$  = kecepatan horizontal (m/s)

$Q_{in}$  = debit yang masuk ke clarifier (m<sup>3</sup>/s)

$D$  = diameter clarifier (m)

$H$  = tinggi clarifier (m)

- MLVSS pada Clarifier

$$MLVSS_{Clarifier} = MLVSS_{total} - MLVSS_{as} \dots\dots\dots (2.74)$$

dengan:

$MLVSS_{as}$  = kebutuhan MLVSS yang tetap ada di bak activated sludge

- Massa Solid Total pada Clarifier

$$M_{solid\ total} = MLVSS_{clarifier} \times V_{clarifier} \dots\dots\dots (2.75)$$

dengan:

$M_{solid\ total}$  = massa solid total di clarifier

$MLVSS_{clarifier}$  = kebutuhan MLVSS yang ada di clarifier

### 2.3.11 Sludge Thickener

Sludge thickener adalah suatu bak yang berfungsi untuk menaikkan kandungan solid dari lumpur dengan cara mengurangi porsi fraksi cair (air), sehingga lumpur dapat dipisahkan dari air dan ketebalannya menjadi berkurang atau dapat dikatakan sebagai pemekatan lumpur. Tipe thickener yang digunakan adalah gravity thickener dan lumpur berasal dari bak pengendap I dan pengendap II. Pada sistem gravity thickener ini, lumpur diendapkan di dasar bak sludge thickener (Metcalf & Eddy, 2004).

### **2.3.12 Sludge Drying Bed**

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.

Pengeluaran air lumpur dilakukan melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara langsung tanpa proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan drying bed. Bak pengering berupa bak dangkal berisi media penyaring pasir dan batu kerikil sebagai penyangga pasir, serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar bak pengering dibuat saluran atau pipa pembuangan air (drain). Media penyaring merupakan bahan yang memiliki pori besar untuk ditembus air. Pasir, ijuk, dan kerikil merupakan media penyaring yang sering digunakan.

Pengurangan kandungan air dalam lumpur menggunakan sistem pengeringan alami dengan matahari, maka air akan keluar melalui saringan dan penguapan. Pada mulanya keluarnya air melalui saringan berjalan lancar dan kecepatan pengurangan air tinggi, tetapi jika bahan penyaring (pasir) tersumbat maka proses pengurangan air hanya tergantung kecepatan penguapan. Kecepatan pengurangan air pada bak pengering lumpur seperti ini bergantung pada penguapan dan penyaringan, dan akan sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, sinar matahari, hujan, ketebalan lapisan lumpur, kadar air, sifat lumpur yang masuk dan struktur kolam pengeringan (Metcalf & Eddy, 2004).

### **2.4 Persen Removal**

Tujuan dari proses pengolahan limbah adalah menurunkan beban pencemar pada limbah tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Berikut

merupakan persentase penurunan beban pencemar berdasarkan beberapa literasi yang ada pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Persen Removal Unit Pengolahan Air Limbah

Unit Pengolahan	Beban Pencemar	% Removal	Sumber
DAF	TSS	65 – 95%	Syed R. Qasim. 1999. <i>WWTP Planning, Design, and Operation</i> , hal. 159
	BOD	25 – 98%	
	Minyak lemak	65 – 98%	
Presipitasi – Bak Pengendap Awal *)	Cadmium (Cd)	90%	Lanouette, K. H. (1976). <i>Treatment of Heavy Metal in Wastewater</i> . Page 117. Pollution Eng.
	Krom heksavalen (Cr <sup>6+</sup> )	90%	
	Krom total (Cr)	90%	
	Tembaga (Cu)	90%	
	Seng (Zn)	60%	
	Nikel (Ni)	80%	
Koagulasi, Flokulasi, dan Sedimentasi	TSS	80 – 90%	Metcalf & Eddy. 2004. <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse</i> , 4th Edition, hal. 497
	BOD	50 – 80%	
	COD	41,5%	Song, Z., Williams, C. J. M., & Edyvean, R. G. J. (2000). <i>Technical Note Sedimentation of Tannery Wastewater</i> . 34(7), 2171 – 2176.
	Detergen MBAS	75%	Khaer, A. (2018). <i>Teknologi Terapan Pemanfaatan Limbah Cair Pencucian Kendaraan dengan Metode Koagulasi dan Biofilter Multimedia</i> . Media Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar, 11(2), 43-51.
Activated Sludge	TSS	60 – 85%	Cavaseno, V. (1987). <i>Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering</i> . Page 15.
	BOD	80 – 99%	
	COD	50 – 95%	
	Sulfida	97 – 100%	
	Amonia	33 – 99%	
	Fenol	95 – 99%	
Clarifier (Sedimentasi 2)	TSS	60 – 80%	Huisman, L. (1977). <i>Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration</i> . Page 12
	BOD	30 – 50%	

## 2.5 Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “hidrolik grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen-effluen) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut :

1. 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. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu :

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

Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut :

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William”  $Q$  atau  $V$  diketahui maka  $S$  didapat dari monogram.

- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris

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

- c. Kehilangan tekanan pada pompa

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

- d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok  
Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

### 3. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga 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. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada clear well.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.
- d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.