

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Industri

2.1.1 Total Suspended Solids (TSS)

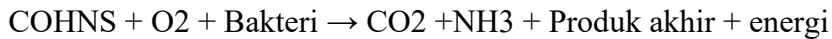
Berdasarkan data uji lab di industri, perencanaan IPAL memicu jumlah TSS pada industri terdapat sebanyak 1780 mg/L. Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45 μm . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme (Edzwald, 1995).

2.1.2 Biological Oxygen Demand

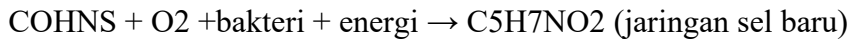
BOD atau Biochemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi secara biokimia zat-zat organik. Hasil dari tes BOD digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan zat organik secara biologi, untuk menentukan dimensi atau ukuran dari unit pengolahan, untuk menghitung efisiensi beberapa proses pengolahan dan melakukan pengolahan sehingga parameter air limbah dapat sesuai dengan baku mutu.

Ketika oksigen yang dibutuhkan tercukupi, dekomposisi biologis air limbah secara aerobik akan terus terjadi sampai semua limbah dikonsumsi. Tiga atau lebih proses yang berbeda akan berlangsung. Pertama, sebagian air limbah dioksidasi menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel dan pembentukan jaringan sel baru. Secara bersamaan beberapa bahan organik dari air limbah diubah menjadi jaringan sel baru menggunakan energi yang dilepaskan selama oksidasi. Ketika bahan organik habis, sel-sel baru akan mengonsumsi jaringan sel mereka sendiri untuk mendapatkan energi untuk metabolisme sel. Proses ketiga ini disebut respirasi endogen. CHONS (karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur) mewakili jaringan sel. Ketiga proses tersebut memiliki reaksi kimia sebagai berikut:

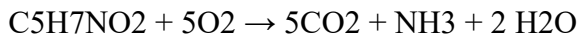
Oksidasi :



Sintesis :



Respirasi endogen :



2.1.3 Chemical Oxygen Demand

Chemical Oxygen Demand atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan/larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BODultimate 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 (Edzwald, 1995).

2.1.4 Minyak Lemak (FOG)

Minyak dan lemak merupakan salah satu parameter bahan organik yang menjadi perhatian, karena kandungan dalam perairan menyebabkan kualitas air turun. Sebagian minyak dan lemak mengalami degradasi melalui fotooksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme. Penguraian minyak dan lemak dalam kondisi yang kurang oksigen mengakibatkan bau tengik pada air, hal tersebut terjadi karena faktor penguraian yang tidak sempurna.

Kandungan minyak dan lemak yang berlebih memiliki dampak yang nyata terhadap air yaitu dapat mengurangi penetrasi cahaya dan oksigen terhadap permukaan air sehingga mengakibatkan laju proses fotosintesa berkurang (Hendricks, 2011).

Minyak lemak terdiri dari 3 (tiga) macam yaitu :

- a. Minyak essential (Minyak asiri)

- b. Minyak mineral, minyak ini mengandung senyawa-senyawa hidrokarbon
- c. Minyak yang tidak mudah menguap (trigilliserida)

Sumber minyak antara lain

- a. Hewan
Jaringan minyak dibawah kulit, antara otot-otot, dalam sumsum tulang belakang, dan lain-lain.
- b. Tumbuhan
Terdapat dalam daun-daunan dan bunga, dalam benih-benih (contohnya: minyak kelapa, kacang, palem, dan sebagainya)

2.1.5 Ammonia (NH₃)

Kandungan amonia dalam air dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan organisme dalam perairan. Secara kimia, keberadaan amonia dalam air berupa amonia terlarut (NH₃) dan ion amonium (NH₄⁺). Amonia bebas (NH₃) yang tidak berionisasi akan bersifat toksik. Kadar amonia bebas meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan suhu perairan.

Sifat toksik pada amonia dipengaruhi oleh pH, suhu, dan kadar oksigen terlarut. Kondisi amonia pada pH rendah akan bersifat racun jika jumlahnya banyak, sedangkan amonia pada pH tinggi juga akan berifat racun meskipun jumlahnya rendah. Penurunan kadar oksigen terlarut akan meningkatkan toksisitas amonia dalam perairan (Edzwald, 1995).

2.1.6 pH

Berdasarkan data uji lab di industri, perencanaan IPAL memicu jumlah BOD pada industri terdapat sebanyak 552 mg/L. Salah satu parameter kualitas air limbah yang terpenting adalah konsentrasi ion hidrogen. pH biasanya digunakan untuk menunjukan konsentrasi dari ion hydrogen tersebut. Konsentrasi pH yang sesuai bagi kehidupan biologis antara 6-9. Air limbah yang memiliki konsentrasi pH yang sangat asam atau basa akan sulit untuk siolah dengan pengolahan biologi. Jika pH air limbah tidak diolah sesuai dengan baku mutu dan kemudian dibuang ke lingkungan maka dapat mengubah atau mencemari konsentrasi pH natural di badan air. Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan pH meter (Tchobanoglous et al., 2014).

2.2 Bangunan PBPAB

2.2.1 Screen

Untuk menghilangkan kotoran kasar (padatan, ranting) dengan potensi merusak pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lain, screen dipakai agar menyaring sampah padat berukuran 6-150 mm. Unit ini memerlukan maintenance pembersihan yang dapat dilakukan secara manual ataupun mekanis.



Gambar 2.1 Coarse Screen dengan Pembersihan Manual

Sumber: <https://www.waterandwastewater.com/coarse-screening-in-wastewater-essential-techniques-for-efficient-management/>

Tabel 2.1 Tabel Kriteria desain untuk Screen dalam Satuan SI

Parameter	Satuan	Metode Pembersihan	
		Manual	Mekanis
Ukuran Batang			
Lebar	mm	5-15	5-15
Kedalaman	mm	25-38	25-38
Jarak antar batang	mm	25-50	15-75
Kemiringan	°	30-45	0-30
Kecepatan			
Maksimum	m/s	0.3-0.6	0.6-1.0
Minimum	m/s		0.3-0.5
Headloss	mm	150	150-600

(Sumber: Tchobanoglous et al., 2014)

Desain screen juga memerlukan perhitungan berikut:

- Jumlah batang/kisi (n)

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

Dengan :

W_s = Lebar saluran (m)

n = Jumlah kisi

d = Lebar kisi (m)

r = Jarak antar kisi (m)

- Lebar bukaan kisi (W_c)

$$W_c = W_s - n \times d \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

n = Lebar saluran (m)

d = Jumlah kisi

r = Lebar kisi (m)

- Panjang kisi miring (X)

$$X = \frac{H_{total}}{\sin \alpha} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

X = Panjang kisi (m)

$\sin \alpha$ = Kemiringan screen

H_{total} = Kedalaman total saluran pembawa = tinggi screen (m)

- Lebar saluran

L = $x \cdot \cos \theta$

x = Panjang kisi (m)

$\cos \theta$ = Kemiringan Screen

L = Lebar screen

- Kecepatan setelah melewati kisi

$$v_i = \frac{Q}{W_c \cdot h}$$

Dengan:

v_i = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

Q = Debit limbah (m³/s)

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

h = Kedalaman saluran pembawa = tinggi screen (m)

- Headloss

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

Dengan:

hL = Headloss saat clean screen

C = Koefisien discharge (clean screen = 0,7; clogged screen = 0,6)

- Kecepatan saat penggelontoran

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

Dengan:

Q = Debit limbah (m^3/s)

Kecepatan melalui bar screen tersumbat diestimasi meningkat 50%

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

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

(Sumber: Tchobanoglous et al., 2014)

2.2.2 Netralisasi

Untuk melakukan netralisasi pH dari 5,2 menjadi pH netral (rentan 7,0-9,0 sesuai Baku mutu), digunakan unit netralisasi. Netralisasi didasarkan pada reaksi asam-basa untuk menyesuaikan pH air limbah ke rentang netral (biasanya 6-9) agar tidak korosif, toksik, dan sesuai untuk proses pengolahan berikutnya. Cara kerjanya melibatkan pencampuran limbah dengan bahan kimia penetral seperti larutan NaOH (kaustik soda) atau $Ca(OH)_2$ (kapur) untuk limbah asam, dan H_2SO_4 (asam sulfat) atau HCl (asam klorida) untuk limbah basa, biasanya dalam sebuah bak atau tangki berpengaduk (Edzwald, 1995). Parameter penting yang harus dikontrol adalah pH inlet dan outlet, laju alir, dosis bahan kimia, serta alkalinitas atau keasaman limbah. Pemilihan unit netralisasi dibandingkan unit lain seperti stripping (untuk amonia) atau presipitasi (untuk logam) karena tujuan utamanya spesifik untuk mengoreksi pH; netralisasi lebih sederhana, biaya operasional rendah untuk aplikasi dasar, dan efektif sebagai langkah pretreatment yang vital sebelum proses biologis atau kimia-fisika lainnya.

1. Waktu tinggal di dalam bak netralisasi (T_d) = 20-60 detik

(Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 182)**

2. Gradien kecepatan pengaduk (G) = 700-1000/detik

(Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 348)**

3. Kecepatan pipa outlet (v) = 1 – 2,5 m/s
4. Reynold number (NRe) = >10.000

(Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 187)**

5. Offset mixer untuk $D_i < 0,35 D = (0,2 \sim 0,25) \times D_{\text{tank}}$
6. Jarak vertikal Impeller dari dasar tangki: 50% ~ 150% D_i

Sumber: Spesifikasi Tangki & Mixer SATAKE

Pengadukan pada bak pembubuh mengikuti panduan peletakan mixer pada mixing tank SATAKE, serta spesifikasi mixer dipilih dengan menghitung kebutuhan pengadukan dalam *kilowatts* (kW) dari rumus kecepatan gradien oleh Reynolds. Digunakan juga NaOH sebagai basa kuat penetralisasi asam pada air limbah.

2.2.3 Koagulasi

Koagulasi adalah destabilisasi partikel koloid (bermuatan negatif) dalam air limbah dengan menambahkan koagulan bermuatan positif untuk menetralkan gaya tolak-menolak listrik di antara mereka. Cara kerjanya adalah dengan injeksi cepat bahan kimia seperti alum ($Al_2(SO_4)_3$), ferrik klorida ($FeCl_3$), atau polialuminium klorida (PAC) ke dalam aliran limbah diikuti pengadukan cepat (*rapid mixing*), sehingga partikel-partikel kecil mulai menggumpal menjadi mikroflok. Parameter utamanya adalah jenis dan dosis koagulan, pH air (yang sangat memengaruhi efektivitas koagulan), kecepatan gradien (*velocity gradient*, G) selama pengadukan cepat, dan karakteristik limbah seperti kekeruhan dan kandungan zat organik. Koagulasi dipilih dibandingkan penyaringan langsung atau sedimentasi sederhana karena efektif menghilangkan partikel koloid yang sangat halus dan stabil yang tidak dapat diendapkan secara gravitasi tanpa proses destabilisasi kimia terlebih

dahulu. Dalam perencanaan, digunakan koagulasi Tawas (Al_2SO_4) setelah melakukan survey harga pasar terkait harga bahan kimia koagulan secara online.

- **Kriteria Perencanaan**

1. Waktu tinggal di dalam bak mixing (T_d) = 20-60 detik

2. Gradien kecepatan pengaduk (G) = 700-1000/detik

(Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 182)

3. Dosis Optimum Alum = 50 mg/L Alum per 267 mg/L TSS

(Silva et al. (2009))

$(1780 : 267 \times 50) \text{ mg/L} = 337 \text{ mg/L Alum}$

4. Reynold number (N_{Re}) >10.000

(Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 187)

5. Kadar air dalam alum cair = 71,2 – 74,5%

(Qasim, Syed R., Motley & Zhu, G. 2000. Water Quality : Management of a Natural Resource)

Silva et al. (2009) menyarankan penggunaan 50 mg/L tawas untuk 264 mg TSS. Berdasarkan perhitungan empiris yang mengacu pada studi tersebut, dosis koagulan yang diperlukan untuk 1780 mg/L TSS adalah 337 mg/L.

2.2.4 Flokulasi

Flokulasi adalah proses penggumpalan dan pembesaran mikroflok hasil koagulasi menjadi flok berukuran besar, berat, dan mudah mengendap melalui tumbukan dan pergeseran partikel. Cara kerjanya dilakukan di bak terpisah setelah koagulasi dengan pengadukan lambat (slow mixing) menggunakan paddle, baffle, atau pengaduk mekanik, memberikan waktu tinggal yang cukup bagi partikel untuk bertumbukan dan menggumpal. Parameter pentingnya adalah waktu detensi hidrolis, kecepatan gradien (G) yang lebih rendah daripada koagulasi, serta gradien kecepatan-waktu (nilai Gt), yang menentukan ukuran dan kekuatan flok yang terbentuk.



Gambar 2.2 Unit Flokulasi

Sumber: (Crittenden, 2012)

Table 9-12

Power and pumping numbers for common impellers

Impeller Type	Photograph	Power Number	Pumping Number	Application
Flat-bladed turbine (FBT)		3.6	0.9	Blending, maintaining suspensions, flocculation
Pitched-blade turbine (45° PBT)		1.26	0.75	Blending, maintaining suspensions, flocculation
Pitched-blade turbine with camber (hydrofoil, 3 blades)		0.2–0.3	0.45–0.55	Blending, maintaining suspensions, flocculation
Cast foil with proplets		0.23	0.59	Blending viscous liquids
Rushton turbine (6 blades)		4.5–5.5	0.72	Gas–liquid dispersion, solids suspension, flocculation
Propeller (pitch of 1:1)		0.32–0.36	0.4	Blending viscous liquids

Gambar 2.3 Ketentuan angka daya berdasarkan desain MWH

Sumber: (Crittenden, 2012)

Flokulasi merupakan pasangan wajib koagulasi dan dipilih karena tanpa tahap ini, mikroflok hasil destabilisasi masih terlalu ringan untuk diendapkan atau diapungkan secara efisien; alternatif seperti direct filtration tanpa flokulasi hanya cocok untuk beban padatan rendah dan tidak dapat menangani flok yang rapuh.

- **Kriteria Perencanaan**

1. Gradien Kecepatan untuk flokulasi sebelum DAF = 50-120 /s
2. Waktu detensi (td) = 4-15 menit
3. $G \times T = 20.000 - 80.000 /s$

Sumber (Crittenden, 2012, p. 714)

4. N_p (power number) untuk Impeller 3 blade = 0,2 - 0,3
5. Diameter mixer : $T_e = 0,4 - 0,5$, dipilih: 0,4

Sumber (Crittenden, 2012, p. 619)

6. Total luas hole = 2-5% luas wall baffle
7. Ketebalan baffle = 5 cm
8. Gap antar permukaan air & dasar basin flokulasi dengan baffle = 40 mm

Sumber (Crittenden, 2012, p. 632)

Kriteria flokulasi memicu pada literatur flokulasi untuk DAF, disebabkan terdapat perbedaan kriteria unit flokulasi untuk sedimentasi dan flotasi. Pada perencanaan ini, flokulasi yang dipakai berjenis vertikal turbin mixer.

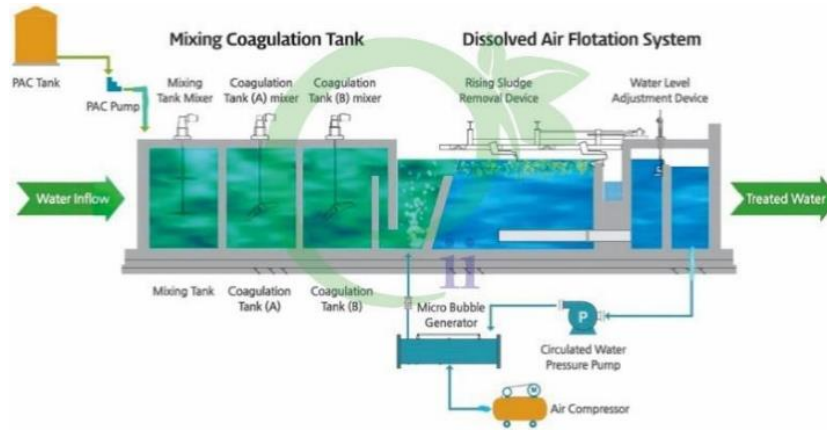
Desain MWH menyarankan untuk menggunakan *vertical perforated baffle channels* untuk flokulasi jenis turbin vertikal, yang merupakan dinding berlubang seperti pada gambar sebelumnya.

2.2.5 Dissolved Air Flotation (DAF)

DAF memanfaatkan penambahan koagulan (zat kimia tambahan untuk membentuk flok dari padatan suspensi dalam air) untuk mengurangi kadar FOG (Fat, Oil, & Grease, atau Minyak-Lemak) dan TSS (Total Suspended Solids) serta perbedaan massa jenis minyak dan air agar mendorong minyak yang perlu disisihkan di atas permukaan air. Lapisan minyak akan bercampur dengan flok yang terbentuk dan memasuki *outlet* pengumpulan sludge secara *skimming* di permukaan air.

Pada sistem DAF, udara dilarutkan di dalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ke tekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang 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.



Gambar 2.4 Proses DAF

Unit DAF memanfaatkan konsep flotasi dan koagulasi-flokulasi dalam kinerja pengolahannya.

a. Koagulasi-Flokulasi

Proses destabilisasi partikel koloid dan padatan tersuspensi dengan penambahan senyawa kimia yang dinamakan zat koagulan sehingga dapat membentuk flok-flok yang dapat diendapkan. Dalam kondisi stabil partikel koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya tarik-menarik antar partikel lebih kecil daripada gaya tolak-menolak akibat dari muatan listrik. Dalam proses koagulasi yang terjadi secara destabilisasi membentuk partikel-partikel koloid bersatu dan menjadi partikel yang lebih besar. Dengan demikian partikel koloid yang awalnya sukar dengan air, setelah proses koagulasi partikel koloid tersebut akan membentuk kumpulan partikel atau flok yang lebih besar sehingga memudahkan pemisahan flok pada proses selanjutnya yaitu flotasi & *skimming* dalam sistem DAF.

Bahan kimia yang umumnya digunakan untuk proses koagulasi dibagi menjadi tiga golongan, yaitu zat koagulan, zat alkali, dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi, zat warna, koloid, dan lain

sebagainya agar membentuk flok atau gumpalan partikel yang lebih besar. Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan merupakan zat yang memiliki fungsi untuk membantu proses pembentukan flok agar dapat berjalan lebih cepat dan baik, selain itu juga fungsi zat alkali dan zat pembantu koagulan dapat mengatur kondisi pH dalam keadaan stabil pada air baku sehingga dapat menunjang proses pada flokulasi (Said, 2017).

Proses koagulasi ini merupakan proses dasar pengolahan air untuk menghilangkan partikel-partikel koloid dan padatan tersuspensi. Dalam proses tersebut terdapat pengadukan dalam pengolahan air limbah, diantaranya adalah pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Pengadukan cepat (flash mixing) bertujuan untuk mempercepat penyebaran bahan kimia (koagulan) melalui air limbah. Koagulan yang paling efektif untuk digunakan dalam pengadukan cepat adalah alum dan ferric chloride karena proses hidrolisnya berjalan lebih cepat yang selanjutnya akan mengalami adsorpsi partikel koloid. Sedangkan pada pengadukan lambat untuk proses kecepatan penyebaran koagulan lebih lama dibandingkan pada proses flash mixing. Koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi adalah PAC, aluminium sulfat, feri sulfat, dan ferro sulfat (Syaiful, Jn, & Andriawan, 2014).

Koagulasi dapat dipengaruhi beberapa faktor lain. Bila suhu terlalu rendah, efisiensi proses koagulasi & besarnya daerah pH optimum proses koagulasi dapat berubah, memerlukan *adjustment* dari koagulan. Derajat pH juga berkaitan secara langsung dengan pemilihan koagulan, karena fungsi utamanya untuk membentuk flok, perlu ikatan ion yang saling bertolak belakang (positif dan negatif) antara koagulan dan SS (umum diukur dengan pH), agar terjadi pembentukan flok secara optimal. Pemilihan koagulan juga memerhatikan dosis koagulan, terlalu banyak dan terlalu sedikit dapat memengaruhi optimisasi flok yang dibentuk. Laju percampuran bahan koagulan dan air baku penting diperhatikan untuk memastikan terjadinya percampuran koagulan-koloid secara homogen. Pengadukan yang terlalu cepat juga beresiko memecah flok yang telah terbentuk, diperlukan

perencanaan mengikuti gradien kecepatan . Pengaruh ion yang terlarut terhadap proses koagulasi adalah adanya anion yang lebih besar daripada kation. Hal tersebut mengakibatkan ion natrium, kalsium dan magnesium tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses koagulasi. Kekeruhan air juga memengaruhi proses destabilisasi partikel menjadi flok. Bila rendah, proses destabilisasi terjadi sukar terhadap air, dan sebaliknya.

b. Flotasi

Untuk memisah fase cair-padat atau sebaliknya, unit DAF memanfaatkan perbedaan berat jenis partikel dengan bantuan gelembung udara, dan umum dibagi 3 jenis secara prosesnya.

Pada air flotation, udara masuk ke fluida dengan mekanisme rotor-disperser. Rotor yang terendam dalam fluida akan mendorong udara menuju bukaan disperser sehingga udara bercampur dengan air, dan menyisih partikel yang mengapung. Keuntungan sistem ini ialah penggunaan lahan yang efisien dan lebih efektif dalam menyisihkan FOG / minyak-lemak.

DAF melakukan pengapungan dengan melarutkan udara ke dalam fluida dengan tekanan tinggi dan kemudian dilepaskan dalam tekanan atmosfer. Penggabungan dari gelembung-gelembung gas halus dengan suspended solid atau oil mengakibatkan penurunan gravitasi sehingga menambah daya pengapungan.

Vaccum Flotation memanfaatkan aerasi pada limbah cair hingga jenuh, membentuk gelembung udara yang lolos ke atmosfer dengan mengangkat partikel-partikel ke atas.

Kriteria Perencanaan DAF

1. Bak Pembubuh

- a. Berat Jenis alum (ρ alum) = 2,67 kg/L
- b. Kadar air dalam alum cair = 71,2 – 74,5 %
- c. Gradien kecepatan (G) = 500 – 1500 /s (Pengadukan cepat)
- d. Diameter Propeller (D_i) = maks ~ 18 inch
- e. Kecepatan putaran propeller (n) = 400 – 1750 rpm

2. Bak Flotasi

- a. Tekanan udara (ρ) = 350-700 kPa
- b. Rasio udara per padatan (A/S) = 0,005 – 0,06 mL/mg
- c. Surface Loading Rate (SLR) = 8 – 160 L/m².menit
- d. Fraksi Udara Terlarut dalam tekanan P (f) = 0,5
- e. Rasio resirkulasi terhadap influent (R/Q) = 15 – 120%
- f. Waktu tinggal (td) = 20 – 30 menit
- g. Konsentrasi minyak mengambang (K) = 3 – 7 %
- h. Specific gravity solids (Primary sludge) = 1,4
- i. Specific gravity sludge = 1,02
- j. Freeboard = 5 – 30 % H kedalaman
- k. $N_{re} < 800$
- l. Diameter minyak = 150 μm = $1,5 \times 10^{-4}$ m
- m. Kelarutan Udara

Suhu (Celcius)	0	10	20	30
Sa (ml/liter)	9,2	22,8	18,7	15,7

3. Skimmer (mengikuti skimmer belt di pasar)
4. Bak Penampung Minyak
 - a. Massa jenis minyak = 820 kg/m³ ~ 850 kg/m³
 - b. Freeboard = 20% kedalaman
 - c. Kemampuan penyisihan minyak = 65-98%
(Sumber: Qasim, hal 159)
5. Kebutuhan Udara
 - a. Berat standar udara = 1,2 kg/m³
 - b. Jumlah O₂ di Udara = 21 %
 - c. Efisiensi diffuser O₂ = 4 – 8%

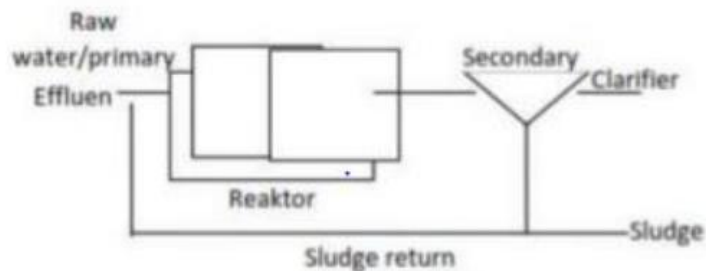
2.2.6 Activated Sludge

Pengolahan lumpur aktif adalah sistem pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik (heterotrof) yang dibiakkan dalam tangki aerasi untuk menurunkan

organik karbon atau organik nitrogen. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon (organik karbon). BOD dan COD dipakai sebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi organik karbon, dan selanjutnya disebut sebagai substrat. Adapun jenis activated sludge, yaitu:

a. Konvensional

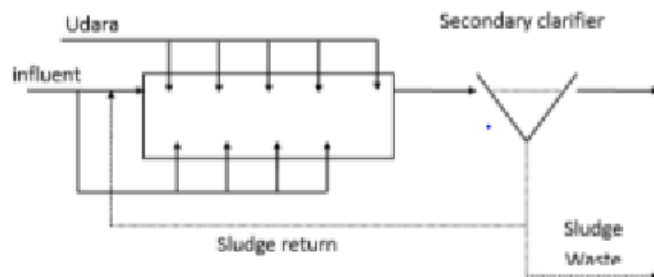
Menggunakan tangki aerasi, secondary clarifier, dan recycle sludge. Dalam prosesnya terjadi absorpsi, flokulasi, dan oksidasi bahan organik.



Gambar 2.5 Proses Activated Sludge Konvensional

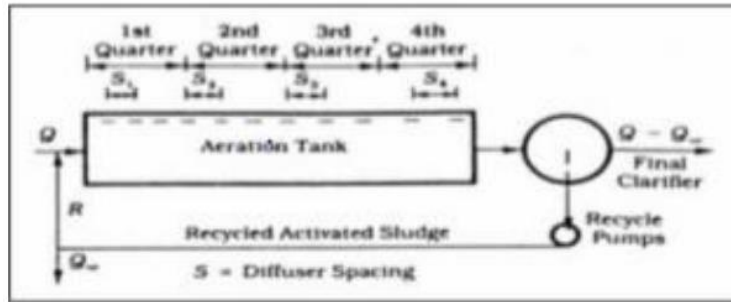
b. Non-Konvensional

- Step Aeration
 - Merupakan tipe plug-flow dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet
 - Inlet air buangan masuk melalui 3 – 4 titik ditangki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme, mengurangi tingginya kebutuhan oksigen dititik awal.
 - Waktu detensi lebih pendek



Gambar 2.6 Activated Sludge Step Aeration

- Tapered Aeration
 - Mirip step aerasi, namun injeksi udara dititik awal lebih tinggi



Gambar 2.7 Activated Sludge Tapered Aeration

- Contact Stabilization
 - Terdapat 2 tangki: contact tank (mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif), reaeration tank (oksidasi bahan organik yang telah diabsorb (proses stabilisasi)



Gambar 2.8 Activated Sludge Contact Stabilization

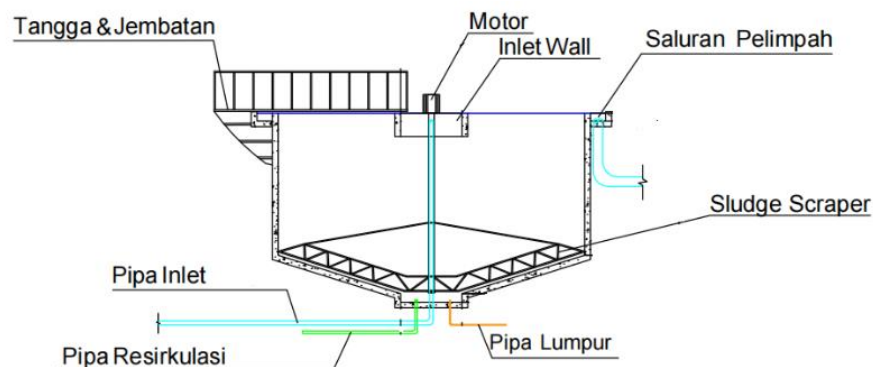
Kriteria Perencanaan Activated Sludge

- a. Umur Lumpur (θ_c) = 3 – 15 hari
- b. F/M Ratio = 0,1 – 0,6
- c. Ratio Resirkulasi = 0,25 – 1,5
- d. Waktu detensi (t_d) = 6 – 8 jam
- e. Yield Coefficient (Y) = 0,5 – 0,7 g
- f. VSS/g BOD5 removed
- g. Endogenous Respiration Coefficient (K_d) = 0,06 – 0,1 g
- h. VSS/g VSS.d
- i. Coefficient k = 2 – 10 g bsCOD/g VSS.d
- j. Coefficient k_s = 0,06 – 0,10 g VSS/g VSS.d

- k. Rasio VSS/SS = 0,60 – 0,85
- l. MLVSS (X_v) = 1500 – 3500 mg/L
- m. Rasio Resirkulasi (R) = 0,25 – 0,5
- n. Safety Factor = 1,75 – 2,5
- o. Koefisien temperature aktif (θ) = 1,02 – 1,25
- p. Tinggi bak = 1-3 m
- q. Faktor konversi BOD5 ke BODL (f) = 0,68

2.2.7 Clarifier

Umum dipakai setelah proses lumpur aktif, terutama untuk resirkulasi lumpur. Terdapat scrapper blade berjumlah sepasang bentuk *vee* (V), untuk mengeruk lumpur yang bergerak, agar sludge terkumpul pada *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, dan dihilangkan secara gravitasi. Clarifier umum memiliki ruang lumpur kurang dari 0,6 meter.



Gambar 2.9 Gambar Clarifier

Sumber: (Tchobanoglous et al., 2014), interpretasi ulang

Kriteria Perencanaan Clarifier

- a. Diameter Tangki (d) = 3-60 meter
- b. Waktu detensi (t_d) = 1,5 – 2,5 jam
- c. Overflow Rate (average flow) = 40 – 64 m / hari
- d. Weir Loading Rate = 125 – 500 m²/hari
- e. Diameter inlet well = 15 – 20% x diameter tangki
- f. Ketinggian inlet well = 0,5 – 0,7 meter

- g. Kedalaman tangki (h) = 3,5 – 6 m
- h. MLSS = 4000 – 12000 mg/L
- i. Bilangan Reynold (N_{re}) untuk $V_s < 1$ (Laminer)
- j. Bilangan Reynold (N_{re}) untuk $V_h < 2000$ (Laminer)
- k. Bilangan Froude (N_{fr}) $> 10^{-5}$ (Laminer)
- l. Koef. β (uni-granular sand / non-uniform) = 0,04 – 0,06
- m. Faktor gesekan hidrolis (λ) = 0,03
- n. Specific gravity sludge = 1,005
- o. Massa jenis solid (ρ_s) = $S_g \times \rho = 1,005 \times 995,7 \text{ kg/m}^3 = 1000,7 \text{ kg/m}^3$
- p. Freeboard (fb) = 5% - 30% kedalaman
- q. Koefisien kekasaran aksesoris (K)
 - Elbow $90^\circ \rightarrow C = 1,1$
 - Gate Valve = 0,2
 - Check Valve = 2,5
 - Tee = 1,0

2.3 Persen Removal

Dari bangunan yang direncanakan digunakan pada IPAL, terdapat bangunan Netralisasi, DAF, Activated Sludge, dan Clarifier yang menjadi bangunan utama pengurang parameter, sedangkan bangunan seperti Koagulasi-Flokulasi merupakan pemicu efektivitas kinerja dari bangunan utama.

Observasi oleh Cavaseno (1980, p.14) menunjukkan DAF mampu mengurangi kadar TSS dalam kisaran 30%-90%. Qasim (2017) menegaskan pengurangan FOG pada DAF dapat mencapai 99%.

Cavaseno (1980, p.14) kembali menyatakan Activated Sludge dan Resirkulasi Clarifier dapat mengurangi kadar BOD, COD hingga 92%, TSS hingga 90%, dan pengurangan NH_3 secara oksigenasi dari aerasi hingga 99%.

Pada perencanaan, direncanakan pengurangan TSS pada DAF dan Clarifier menjadi 85% dan 80%, BOD & COD menurun sebanyak 90% pada Activated Sludge, minyak lemak hingga 95% pada flotasi, dan NH_3 menurun hingga 95% pada Activated Sludge.

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis memiliki fungsi untuk menunjukkan level permukaan air dari acuan tertentu (misal- permukaan tanah). Hal ini digunakan untuk melihat perubahan tekanan air pada setiap bangunan yang ada dalam instalasi pengolahan air.