

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pengertian Laboratorium**

Kata Laboratorium berasal dari bahasa Latin yang berarti “tempat bekerja”. Dalam perkembangannya, kata laboratorium mempertahankan arti aslinya, yaitu “tempat bekerja” khusus untuk keperluan penelitian ilmiah. Laboratorium adalah suatu ruangan atau kamar tempat melakukan kegiatan praktek atau penelitian yang ditunjang oleh adanya seperangkat alat-alat serta adanya infrastruktur laboratorium yang lengkap fasilitas air, listrik, gas dan sebagainya, (Sekarwinahyu; dkk., 2010:3).

Laboratorium adalah tempat bekerja untuk mengadakan percobaan atau penyelidikan dalam bidang ilmu tertentu seperti fisika, kimia, biologi dan sebagainya, (Kertiasa, 2006:1).

Menurut Peraturan Bersama Menteri Pendidikan Nasional Dan Kepala Badan Kepegawaian Negara Nomor 02/V/Pb/2010 Nomor 13 Tahun 2010 Tentang Petunjuk Pelaksanaan Jabatan Fungsional Pranata Laboratorium Pendidikan Dan Angka Kreditnya Bab 1, Pasal 1, laboratorium menjadi 4 kategori sebagai berikut :

##### **1. Laboratorium Tipe I**

Laboratorium Tipe I adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di sekolah pada jenjang pendidikan menengah, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang

peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan siswa.

## 2. Laboratorium Tipe II

Laboratorium Tipe II adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di perguruan tinggi tingkat persiapan (semester I, II), atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan mahasiswa.

## 3. Laboratorium Tipe III

Laboratorium Tipe III adalah laboratorium bidang keilmuan terdapat di jurusan atau program studi, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan pendidikan, dan penelitian mahasiswa dan dosen.

## 4. Laboratorium Tipe IV

Laboratorium Tipe IV adalah laboratorium terpadu yang terdapat di pusat studi fakultas atau universitas, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, mahasiswa dan dosen.

## **B. Pengertian Limbah Cair**

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah cair adalah limbah berupa cairan yang berasal dari hasil buangan bahan-bahan yang telah terpakai dari suatu proses produksi industri, domestik (rumah tangga), pertanian, serta laboratorium yang tercampur (tersuspensi) dan terlarut di dalam air. Limbah cair disebut juga sebagai pencemar air, karena komponen pencemaran air pada umumnya terdiri dari bahan buangan padat, bahan buangan organik dan bahan buangan anorganik.

Macam – macam air limbah yang dihasilkan dari kegiatan laboratorium :

### **1. Domestik**

Limbah domestik berasal dari pemukiman, pertokoan, hotel, rumah sakit, dan sebagainya. Limbah ini dapat berupa sampah organik, sampah anorganik, serta deterjen. Sampah organik merupakan sampah yang dapat terurai oleh aktivitas bakteri seperti sisa-sisa sayuran, buah-buahan, maupun dedaunan.

Sampah anorganik merupakan sampah yang tidak dapat terurai oleh aktivitas bakteri seperti kertas, plastik, ataupun kaca. Deterjen merupakan limbah pemukiman yang paling potensial mencemari air karena hampir setiap rumah tangga menggunakan deterjen padahal limbah deterjen sangat sukar diuraikan oleh mikroorganisme, (Azamia Mia, 2012:5).

### **2. Laboratorium**

Limbah laboratorium berasal dari buangan hasil reaksi-reaksi berbagai larutan kimia berbahaya dalam suatu eksperimen. Larutan kimia tersebut diantaranya mengandung bahan-bahan kimia toksik dan logam-logam berat yang

berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Bahan-bahan kimia merupakan bahan yang berbahaya dan memiliki resiko tinggi bila tercemar ke lingkungan, karena memiliki zat yang bersifat racun (toksik). Tidak hanya bahan-bahan kimia, akan tetapi dimiliki oleh logam-logam berat misalnya Fe, Hg, Cr, dan lainnya sehingga aliran buangan limbah laboratorium akan membahayakan lingkungan dan makhluk hidup di sekitarnya bila tidak dilakukan pengolahan limbah terlebih dahulu, (Azamia Mia, 2012:6).

### **C. Karakteristik Limbah Cair Laboratorium**

Karakteristik limbah cair dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu fisika, kimia, dan biologi. Hal tersebut sangat penting dalam studi pendahuluan dalam pengolahan limbah, diantaranya proses desain, metode kerja, manajemen pengumpulan, pengelolaan, dan penimbunan air limbah. Sifat fisika, kimia, dan biologi air limbah sangat tergantung pada sumber kegiatan penghasil air limbah tersebut, apakah itu masyarakat, industri, atau komoditi lain. Karakteristik fisika, meliputi : temperatur (suhu), warna, bau, kekeruhan, padatan total, dan padatan tersuspensi. Karakteristik kimia, salah satunya ialah COD. Karakteristik biologi air limbah berhubungan dengan organisme-organisme dan/atau mikroorganisme dan bahan nutrien lainnya yang berperan untuk mengkonversi bahan organik menjadi bentuk yang lebih sederhana, (Azamia Mia, 2012:6).

## 1. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia dari suatu limbah dapat diketahui dari zat kimia yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit tersebut. Secara umum, karakteristik kimia dalam limbah cair terbagi dua, yaitu kimia anorganik (pH, Cl, logam berat) dan kimia organik (BOD, COD, lemak atau minyak, deterjen, angka permanganat). Semakin besar konsentrasi atau kandungannya dalam limbah, semakin berbahaya limbah tersebut. Efluen dari rumah sakit biasanya memiliki konsentrasi senyawa chlorine yang tinggi dan terdapat logam berat, (Leprat, 1998; Jolibois et al., 2002).

Terdapat beberapa parameter untuk mengetahui karakteristik kimia dari suatu limbah, diantaranya adalah :

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

BOD adalah jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik yang terdapat dalam limbah. Hasil analisis BOD menunjukkan besarnya kandungan senyawa organik yang dapat terbiodegradasi, (Rahayu, 2007).

Menurut Metcalf & Eddy (2003), data BOD tetap digunakan hingga saat ini karena beberapa alasan dan berhubungan dengan pengolahan air limbah, yaitu :

- (1) Penting untuk mengetahui perkiraan jumlah oksigen yang akan diperlukan untuk menstabilkan bahan organik yang ada secara biologi.
- (2) Penting untuk mengetahui ukuran fasilitas unit pengolahan limbah.
- (3) Penting untuk mengukur efisiensi suatu proses perlakuan dalam pengolahan limbah.

(4) Penting untuk mengetahui kesesuaiannya dengan batasan yang diperbolehkan untuk pembuangan air limbah.

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

COD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Hasil COD menunjukkan kandungan senyawa organik yang terdapat dalam limbah, (Rahayu, 2007).

Pengukuran ini diperlukan untuk mengukur kebutuhan oksigen terhadap zat organik yang sukar dihancurkan secara oksidasi. Oleh karena itu, dibutuhkan bantuan pereaksi oksidator yang kuat dalam suasana asam.

Perbandingan angka BOD/COD digunakan sebagai indikator peningkatan biodegradable, dimana nilai nol menunjukkan limbah non-biodegradable. Sedangkan peningkatan rasio perbandingan menunjukkan peningkatan biodegradable. Jika rasio BOD/COD untuk limbah yang belum diolah bernilai  $\geq 0,5$  maka limbah tersebut dapat dikatakan diolah dengan pengolahan biologis. Apabila rasio BOD/COD  $< 0,3$ , limbah tersebut kemungkinan mengandung komponen toksik atau mikroorganisme yang terkandung didalamnya membutuhkan penyesuaian dengan lingkungan, (Metcalf; Eddy, 2003).

Rasio perbandingan nilai BOD/COD yang rendah (pada umumnya kurang dari 0,1) menunjukkan bahwa limbah tersebut tidak dapat diolah secara biologi dan konvensional, (Dwirianti, 2004).

## 3) Keasaman Air (pH)

Keasaman air merupakan tingkatan dari derajat keasaman yang dikandung oleh air tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh konsentrasi ion hidrogen dalam air tersebut. Derajat keasaman air mempengaruhi aktifitas mikroorganisme

dan proses lainnya yang terdapat dalam air tersebut. Sifat asam dapat dihasilkan dari buangan limbah yang mengandung asam sulfat, asam klorida, dan lainnya. Sedangkan sifat basa dapat dihasilkan dari buangan limbah yang mengandung bahan anorganik, seperti senyawa karbonat, bikarbonat, dan hidroksida, (Reynolds; Richards, 1996).

#### 4) Alkalinitas

Alkalinitas air dipengaruhi kandungan yang terdapat dalam air tersebut. Alkalinitas air limbah berasal dari kehadiran hidroksida (OH<sup>-</sup>), karbonat, dan bikarbonat. Alkalinitas dari air limbah dapat membantu ketahanan pH dari perubahan dikarenakan penambahan asam, (Reynolds; Richards, 1996).

#### 5) Logam berat dan beracun

Semakin tinggi nilai logam berat yang terkandung dalam air, semakin berbahaya air tersebut. Terdapat beberapa logam berat yang umumnya ada dalam limbah cair, yaitu :

(1) Cadmium (Cd)

(2) Timbal (Pb)

(3) Tembaga (Cu)

(4) Besi (Fe)

(5) Chromium (Cr)

## **2. Karakteristik Fisika**

Karakteristik fisik dari suatu limbah keberadaannya dapat diketahui dengan indra yang dimiliki manusia, bila dalam konsentrasi tertentu, seperti :

### 1) Kekeruhan

Kekeruhan adalah air yang mengandung bahan tersuspensi yang dapat menghalangi masuknya cahaya dalam air, sehingga mengganggu jarak pandang. Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air dengan skala NTU (Nephelometrix Turbidity Unit) atau JTU (Jackson Turbidity Unit) atau FTU (Formazin Turbidity Unit). Kekeruhan dapat disebabkan oleh bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dalam air. Salah satu contoh yang dapat menyebabkan kekeruhan adalah pasir halus, tanah liat, dan lumpur alami yang merupakan bahan anorganik atau dapat pula berupa senyawa selulosa, lemak, protein, mikroorganisme yang merupakan bahan organik yang melayang dalam air, (Reynolds; Richards, 1996).

### 2) Padatan

Secara umum padatan dibagi menjadi dua, yaitu padatan yang terlarut TDS (total dissolved solid) dan padatan yang tersuspensi TDS (total suspended solid). TDS adalah semua bahan yang lolos melalui saringan membran yang berpori  $2\mu\text{m}$  atau lebih kecil dan dipanaskan pada suhu  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama satu jam. Sedangkan TSS adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal  $2\mu\text{m}$  atau lebih besar dari ukuran partikel TDS dan padatan tersuspensi dalam air yang berupa bahan-bahan organik dan inorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berpori  $0,45\mu\text{m}$ , (Reynolds; Richards, 1996).

### 3) Temperatur

Temperatur berpengaruh terhadap aktifitas biologis dan kimiawi dalam air. Temperatur air limbah biasanya lebih tinggi dibanding air minum. Tergantung

dari lokasi dan waktu, temperatur effluen limbah lebih tinggi atau lebih rendah dibanding temperatur influen, (Reynolds; Richards, 1996).

#### 4) Bau

Bau yang dihasilkan oleh air disebabkan oleh aktivitas penguraian zat-zat organik yang terjadi secara alamiah dan mengeluarkan gas. Gas yang menghasilkan bau tersebut biasanya adalah campuran dari sulfur, nitrogen, amoniak, dan fosfor, (Reynolds; Richards, 1996)

#### 5) Warna

Warna yang terdapat dalam air limbah memiliki hubungan dengan kekeruhan. Dari warna yang dimiliki oleh limbah, dapat diketahui umur dari limbah tersebut. Air limbah biasanya berwarna abu-abu terang kecoklatan, bila air sudah berwarna hitam berarti air tersebut dalam keadaan septik, (Reynolds; Richards, 1996).

### **3. Karakteristik Biologi**

Karakteristik biologi dalam limbah cair dapat diketahui dari kandungan mikroorganisme yang terdapat didalamnya. Dalam tingkatan kandungan mikrobiologi, effluen yang dihasilkan rumah sakit dan klinik memiliki beban yang lebih sedikit dibanding effluen yang dihasilkan oleh domestik. Limbah lebih berbahaya bila di effluen yang terdapat bakteri yang resisten terhadap antibiotik (*Proteus vulgaris*, *Mycobacteria*) dan yang biasa dihasilkan dari rumah sakit (*Enterobacter sakazakii*), (SFHH, 1993; Leprat, 1998; Schwartz et al., 2003; Emmanuel et al., 2005; Hartemann et al., 2005).

Mikroorganisme yang biasa dijumpai adalah :

1) Bakteri Escheria Coli

Escherichia coli adalah salah satu jenis bakteri yang secara normal hidup dalam saluran pencernaan baik manusia maupun hewan yang sehat. Nama bakteri ini diambil dari nama seorang bacteriologist yang berasal dari Jerman yaitu Theodor Von Escherich, yang berhasil melakukan isolasi bakteri ini pertamakali pada tahun 1885. Dr. Escherich juga berhasil membuktikan bahwa diare dan gastroenteritis yang terjadi pada infant adalah disebabkan oleh bakteri Escherichia coli, (Jawetz et al., 1995).

Pertumbuhan yang baik pada suhu optimal 37°C pada media yang mengandung 1% pepton sebagai sumber karbon dan nitrogen. Escherichia coli memfermentasikan laktosa dan memproduksi indol yang digunakan untuk mengidentifikasi bakteri pada makanan dan air. Escherichia coli berbentuk sirkular, konveks dan koloni tidak berpigmen pada nutrient dan media darah. Escherichia coli dapat bertahan hingga suhu 60°C selama 15 menit atau pada suhu 55°C selama 60 menit. Escherichia coli tumbuh baik pada temperatur antara 8°C-46°C dan temperatur optimum 37°C. Bakteri yang dipelihara di bawah temperatur minimum atau sedikit di atas temperatur maksimum, tidak akan segera mati melainkan berada di dalam keadaan tidur atau dormansi, (Melliawati, 2009).

2) Jamur

Jamur merupakan organisme yang mempunyai inti sel, dapat membentuk spora, tidak berkrolofil, terdapat benang – benang tunggal atau benang – benang yang bercabang dengan dinding selulosa atau khitin, (Suarnadwipa; dkk., 2008).

Jamur benang pada umumnya bersifat aerob obligat, pH pertumbuhan berkisar antara 2-9, suhu pertumbuhan berkisar 10°C-35°C. Jamur memiliki potensi bahaya bagi kesehatan manusia atau hewan. Organisme ini dapat menghasilkan berbagai jenis toksin yang disebut mikotoksin. Aflatoksin merupakan nama sekelompok senyawa yang termasuk mikotoksin, yang bersifat sangat toksik. Aflatoksin diproduksi terutama oleh jamur *Aspergillus* sp, (Handajani; Setyaningsih, 2006).

### 3) Alga

Alga adalah sekelompok organisme autotrof yang tidak memiliki organ dengan perbedaan fungsi yang nyata. Alga bahkan dapat dianggap tidak memiliki organ seperti yang dimiliki tumbuhan seperti akar, batang, daun, dan sebagainya. Karena itu alga pernah digolongkan pula sebagai tumbuhan bertalus, (Campbell, 2003).

### 4) Protozoa

Filum protozoa merupakan hewan yang tubuhnya terdiri dari satu sel. Nama protozoa berasal dari bahasa Latin yang berarti hewan yang pertama (proto = awal, zoon = hewan). Hewan filum ini hidup di tempat berair/tempat yang basah, misalnya di air tawar, air laut, air payau, dan tanah, bahkan di dalam tubuh organisme lain. Protozoa ada yang hidup bebas, komensal maupun parasit pada hewan atau tumbuh-tumbuhan lain yang disebut sebagai protozoa parasitik. Hewan ini ada yang hidup individual (soliter) dan ada pula yang membentuk koloni, (Maskuri Jasin, 1992).

Protozoa parasitik menyebabkan beberapa penyakit manusia yang paling tersebar luas dan membahayakan. Pada umumnya, reproduksi protozoa

adalah aseksual, tetapi terjadi juga pola-pola seksual yang kompleks, (Fried H. George, 2006).

#### 5) Virus

Virus adalah parasit berukuran mikroskopik yang menginfeksi sel organisme biologis. Virus bersifat parasite obligat, hal tersebut disebabkan karena virus hanya dapat bereproduksi di dalam sel material hidup dengan menginvasi dan memanfaatkan sel makhluk hidup karena virus tidak memiliki perlengkapan seluler untuk bereproduksi sendiri. Biasanya virus mengandung sejumlah kecil asam nukleat (DNA atau RNA, tetapi tidak kombinasi keduanya) yang diselubungi semacam bahan pelindung yang terdiri atas protein, lipid, glikoprotein atau kombinasi ketiganya. Genom virus akan diekspresikan menjadi baik protein yang digunakan untuk memuat bahan genetik maupun protein yang dibutuhkan dalam daur hidupnya, (Hasdianah; Dewi, 2014).

### **D. Proses Pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)**

#### **Laboratorium**

##### **1. Proses Pengolahan Secara Kimia**

Proses pengolahan air limbah secara kimia adalah proses yang melibatkan penambahan bahan kimia untuk mengubah atau destruksi kontaminan, (Riffat, 2012). Proses pengolahan air limbah secara kimia antara lain dengan menggunakan koagulasi dan adsorpsi.

##### **1) Koagulasi**

Pada pengolahan air bersih atau limbah yang dilakukan secara kimia, dibutuhkan bahan kimia untuk menurunkan kadar polutan yang terdapat di dalam

air atau limbah tersebut, bahan kimia tersebut biasanya disebut sebagai koagulan. Koagulan biasanya digunakan dalam proses koagulasi. Koagulan berfungsi

Proses koagulasi adalah proses pengendapan partikel yang tersuspensi dengan menggunakan bahan kimia. Berdasarkan jenisnya koagulan dibagi menjadi dua jenis yaitu koagulan yang berasal dari alam dan koagulan sintetis. Koagulan sintetis memiliki kekurangan seperti dapat menyebabkan polusi dan menyebabkan penyakit alzheimer. Salah satu contoh koagulan sintetis adalah Poly aluminium klorida (PAC) dan Aluminium Sulfat (Alum). Penggunaan Koagulan PAC dan Alum pada air limbah PT Nalco dapat menurunkan nilai BOD, COD, TSS, dan kekeruhan. Untuk konsentrasi optimal PAC sebesar 2500 ppm dan Alum sebesar 3000 ppm. Akan tetapi nilai BOD, COD, TSS, dan kekeruhan setelah proses koagulasi masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditetapkan di Indonesia, sehingga diperlukan metode tambahan agar diperoleh nilai BOD, COD, kekeruhan dan TSS yang dibawah ambang batas, (Abidin; dkk., 2012).

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus, dengan suatu koagulan. sehingga akan terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan, proses pengikatan partikel koloid dapat dilihat pada gambar 2.4. Pengadukan cepat (flash mixing) merupakan bagian integral dari proses koagulasi, (Risdianto Dian, 2007:40).

Tujuan pengadukan cepat adalah untuk mempercepat dan menyeragamkan penyebaran zat kimia melalui air yang diolah. Koagulan yang umum dipakai adalah aluminium sulfat, feri sulfat, fero sulfat dan PAC. Pengadukan cepat yang efektif sangat penting ketika menggunakan koagulan logam seperti alum dan ferric

chloride, karena proses hidrolisnya terjadi dalam hitungan detik dan selanjutnya terjadi adsorpsi partikel koloid. Waktu yang dibutuhkan untuk zat kimia lain seperti polimer (polyelectrolites), chlorine, zat kimia alkali, ozone, dan potassium permanganat, tidak optimal karena tidak mengalami reaksi hidrolisis, (Risdianto Dian, 2007:40-41).

Terdapat berbagai macam koagulan yang digunakan dalam proses koagulasi, yaitu :

(1) *Poly Alumunium Chloride* (PAC)

PAC adalah alumunium yang berhubungan unsur lain membentuk unit berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang. Dengan demikian PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung efisien. Dalam penggunaan PAC dibutuhkan pengarahannya karena bersifat higroskopis, (Hakim; Supriyatna, 2009).

(2) Alumunium Sulfat

Alumunium sulfat biasa juga disebut sebagai tawas, sering dipakai karena efektif menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah terbakar, ekonomis, mudah didapat, dan mudah disimpan. Terdapat kerugian dalam penggunaan PAC, biasanya dipasok dalam bentuk padatan sehingga butuh waktu yang cukup lama dalam pelarutan, (Hakim; Supriyatna, 2009).

Alkalinitas yang cukup terdapat di air dapat bereaksi dengan alumunium sulfat dan membentuk flok hidroksida. Alkalinitas biasanya berada

di air dalam bentuk ion bikarbonat. Apabila alkalinitas tidak cukup terdapat dalam sampel, maka dapat ditambahkan alkalinitas, biasanya dalam bentuk ion hidroksida yaitu kalsium hidroksida, dalam bentuk sodium karbonat. Biasanya air memiliki alkalinitas yang cukup, (Reynolds; Richards, 1996).

### (3) *Ferrous Sulfate*

*Ferrous sulfate* dikenal juga sebagai copperas, bentuk umumnya adalah granular. *Ferrous sulfate* sangat efektif dalam proses penjernihan air dengan pH tinggi ( $\text{pH} > 10$ ), (Hakim; Supriyatna, 2009).

*Ferrous sulfate* membutuhkan alkalinitas dalam bentuk ion hidroksida untuk membantu reaksi yang cepat. Biasanya  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ditambahkan untuk meningkatkan pH ke level dimana ferrous ion mengedap menjadi ferric hydroxide. Reaksi ini merupakan oksidasi-reduksi yang membutuhkan oksigen yang terlarut dalam air. *Ferrous sulfate* terdapat dalam bentuk padatan dan cairan, namun bentuk padatan lebih umum, (Reynolds; Richards, 1996).

### (4) *Ferric Sulfate*

*Ferric sulfate* mampu menghilangkan warna pada pH yang rendah dan tinggi dan dapat menghilangkan Fe dan Mn. *Ferric sulfate* dapat berkerja optimum di rentang pH 4–12 karena *ferric sulfat* tidak terlarut dalam rentang pH tersebut. *Ferric sulfat* terdapat dalam bentuk kering, yaitu butiran dan bubuk, (Hakim; Supriyatna, 2009).

### (5) *Ferric Chlorida*

*Ferric chlorida* dalam pengolahan air biasanya digunakan terbatas, karena bersifat korosif dan tidak tahan dalam penyimpanan yang terlalu lama, (Hakim; Supriyatna, 2009).

Nilai optimum pH dari dari *ferrie chlorida* adalah hampir sama dengan *ferrie sulfat*, yaitu antara 4–12. Flok yang terbentuk biasanya tebal dan pembentukan floknya cepat. *Ferrie chlorida* tersedia dalam wujud cair maupun padatan. *Ferrie chlorida* wujud padatan biasanya terdapat dalam bentuk bubuk maupun gumpalan. Gumpalan *ferrie chlorida* mengandung 59-61%  $\text{FeCl}_3$ , serbuk mengandung 98%  $\text{FeCl}_3$ , sedangkan dalam wujud cairan mengandung 37-47%  $\text{FeCl}_3$ , (Reynolds; Richards, 1996).

Berikut penentuan dosis koagulan melalui proses kimia :

**Tabel 2.1.** Penerapan dosis koagulan

Proses Kimia	Rentang Dosis mg/L	pH	Keterangan
Kapur $\text{Ca(OH)}^2$	150-500	9,0-11,0	Untuk koagulasi koloid dan penghilangan pada Air limbah dengan kebiasaan rendah dan tinggi kandungannya. Reaksi dasar: $\text{Ca(OH)}^2 + \text{Ca(HCO}_3\text{)}^2 \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MgCO}_3 + \text{Ca(OH)}^2 \rightarrow \text{Mg(OH)}^2 + \text{CaCO}^3$
Alumunium Sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 18.H <sub>2</sub> O	75-250	4,5-7,0	Untuk koagulasi koloid dan penghilangan pada Air limbah dengan kebiasaan tinggi dan pada rendah stabil. Reaksi dasar: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)^3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al(OH)}^3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$
Ferri Chloride $\text{FeCl}_3$ 6.H <sub>2</sub> O	35-150	3,5-1,4	Untuk koagulasi koloid dan penghilangan pada air limbah $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe(OH)}^3 + 3\text{HCl}$
Ferro Sulfat $\text{FeSO}$ 7.H <sub>2</sub> O	70-200	4,0-7,0	Air limbah dengan kebiasaan tinggi dan pada air rendah stabil Sisa air besi (Leaching) di efluen dapat dikontrol, dan limbah besi diizinkan.
Polyalumunium Chloride $\text{Al}_3(\text{OH})$ 22(SO <sub>4</sub> ) 2.C1 <sub>5</sub>	75-250	4,5-7,0	-

Sumber : Risdianto Dian, 2007:43.

Berdasarkan skripsi penelitian dari Mia Azamia, Universitas Indonesia tentang Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia Dalam Penurunan Kadar Organik Serta Logam Berat Fe, Mn, Cr Dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi bawasannya jenis koagulan dan konsentrasi optimum untuk prngolahan limbah cair laboratorium kimia pada tahap koagulasi adalah koagulan trimer 6784 atau Kapur  $\text{Ca(OH)}_2$  dengan konsentrasi 19,2 mg/mL. Filtrat hasil koagulasi tersebut diuji kadar logam berat Fe, Mn dan Cr menggunakan alat AAS dan menghasilkan data yang di tunjukkan pada tabel 2.2 berikut :

**Tabel 2.2** Data hasil uji logam berat Fe, Mn, dan Cr dengan AAS

Logam	Konsentrasi sebelum koagulasi (mg/l)	Konsentrasi setelah koagulasi (mg/l)	Persentase penurunan konsentrasi (%)
Fe	75,54	10,92903	85,53
Mn	1,8799	0,8300	55,84
Cr	3,3681	1,9174	43,07

Sumber : Mia Azamia, 2012:36.

Berdasarkan Tabel 2.2 logam berat Fe, Mn, dan Cr mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini membuktikan bahwa koagulan dengan jenis Trimer 6784 atau  $\text{Ca(OH)}_2$  dapat menurunkan kadar logam berat Fe, Mn, dan Cr untuk sampel limbah cair, (Azamia Mia, 2012:37).

Proses penurunan kadar logam tersebut terjadi, karena adanya senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam koagulan dengan jenis trimer 6784 atau  $\text{Ca(OH)}_2$  telah menggumpalkan koloid sehingga logam-logam yang terkandung dalam sampel limbah cair tersebut juga terjebak ke dalam flok-flok yang terbentuk. Dengan demikian, terjadi penurunan logam Fe, Mn, dan Cr setelah proses pengolahan koagulasi, (Azamia Mia, 2012:37).

Proses koagulasi juga dapat menurunkan kadar organik yang terkandung dalam limbah cair laboratorium kimia. Penentuan kadar organik yang terkandung dalam limbah cair laboratorium kimia tersebut diuji dengan parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*). Parameter COD ini diukur dengan metode spektrofotometri, yaitu penentuan COD dilakukan dengan metode dikromat secara spektrofotometri, (Azamia Mia, 2012:37).

Filtrat hasil koagulasi tersebut diuji kadar organik menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dan menghasilkan data yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

**Tabel 2.3** Data hasil uji organik dengan spektrofotometer UV-Vis

Konsentrasi COD sebelum koagulasi (mg/L)	Konsentrasi COD setelah koagulasi (mg/L)	Persentase penurunan Konsentrasi (%)
2668,55	2470,75	7,4

Sumber : Mia Azamia, 2012:38.

Berdasarkan Tabel 2.3 proses koagulasi dengan jenis koagulan trimer 6784 atau  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  pada penambahan koagulan 19,2 mg/100 ml dapat menurunkan kadar organik yang terkandung dalam sampel limbah cair. Penurunan kadar organik tersebut membuktikan bahwa senyawa organik dalam air yang terkandung dalam sampel limbah cair dapat dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam keadaan asam dan mendidih. Parameter COD menunjukkan jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen yang diukur secara spektrofotometri sinar tampak (*visible*) dengan panjang gelombang 600nm, karena  $\text{Cr}^{+3}$  dapat mengabsorpsi kuat pada panjang gelombang tersebut, (Azamia Mia, 2012:38).

## 2) Flokulasi

Setelah proses koagulasi, partikel-partikel yang telah terdestabilisasi dapat diaduk perlahan untuk membentuk flok, proses ini disebut flokulasi, (Qasim, 2000).

Tujuan dilakukan flokulasi pada air limbah selain lanjutan dari proses koagulasi adalah:

- (1) Meningkatkan penyisihan Suspended Solid (SS) dan BOD dari pengolahan fisik.
- (2) Memperlancar proses conditioning air limbah, khususnya limbah industri.
- (3) Meningkatkan kinerja secondary-clarifier dan proses lumpur aktif.
- (4) Sebagai pretreatment untuk proses pembentukan secondary effluent dalam filtrasi.

Flokulasi merupakan proses yang penting dalam proses pengendapan. Pengadukan lambat yang dilakukan dalam proses ini bertujuan untuk membentuk flok-flok yang lebih besar. Ukuran flok yang biasa terbentuk ialah dari 0,1-2,0 mm. Waktu tinggal dalam proses flokulasi lebih lama dibanding dengan proses koagulasi. Waktu tinggal yang biasa digunakan yakni 20-60 menit, (Qasim, 2000).

Agar proses flokulasi yang dilakukan efektif, terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan, yaitu :

- (1) Waktu flokulasi
- (2) Jumlah energi yang diberikan
- (3) Jumlah koagulan yang digunakan
- (4) Nilai pH pada proses koagulasi

Berikut penentuan dosis flokulan melalui proses kimia :

**Tabel 2.4** Penerapan dosis flokulan

Proses Kimia	Rentang Dosis (mg/l)	pH	Keterangan
Polimer Kationik	2-5	Tidak Berubah	Untuk koagulasi koloid atau untuk menambah koagulasi dengan logam. Pembentukan zat inert harus dihindari
Polimer Anionik dan Nonionik	0,25-1,0	Tidak Berubah	Digunakan untuk tujuan flokulasi, untuk mempercepat flokulasi dan pengendapan
Penambahan Berat dan Tanah Liat	3-20	Tidak Berubah	Digunakan untuk suspensi koloid yang sangat encer untuk diberatkan

Sumber : Risdianto Dian, 2007:45.

Dari alat proses flokulasi, tipe Flokulator dapat dibagi menjadi beberapa jenis seperti tertampil pada tabel 2.5. berikut ini :

**Tabel 2.5** Tipe Flokulator

Jenis Flokulator	Typical Mixing Times (detik)	Keterangan
Static Mixers	600-1800	Untuk flokulasi partikel koloidal
Paddle Mixers	600-1800	Untuk flokulasi partikel koloidal
Turbine Mixers	600-1800	Untuk flokulasi partikel koloidal

Sumber : Risdianto Dian, 2007:45.

Pada air limbah industri, biasanya nilai detention time dan nilai G di flokulasi tergantung pada karakteristik air limbahnya. Tipikal detention time dan gradien kecepatan G pada jenis-jenis flokulator dapat dilihat pada tabel 2.6

**Tabel 2.6** Tipikal detention time dan gradien kecepatan G pada jenis-jenis flokulator

Proses	Range Values	
	Detention Time	Nilai G
Flokulasi		
Tipikal flokulasi pada air limbah	30-60 min	50-100
Flokulasi pada proses <i>direct-filtration</i>	2-10 min	25-150
Flokulasi pada proses <i>contact-filtration</i>	2-5 min	25-200

Sumber : Risdianto Dian, 2007:46.

Koagulasi yang efektif terjadi pada selang pH tertentu. Penggunaan koagulan logam seperti aluminium dan garam-garam besi secara umum dapat mendekolorisasi air limbah yang mengandung komponen-komponen organik. Koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan pada partikel tersuspensi dan koloid. Flokulasi adalah aglomerasi dari partikel yang terdestabilisasi dan koloid menjadi partikel terendapkan, (Risdianto Dian, 2007:47).

### 3) Pengadukan

Pengadukan merupakan operasi yang mutlak diperlakukan pada proses koagulasi-flokulasi. Pengadukan cepat berperan penting dalam pencampuran koagulan dan destabilisasi partikel. Pengadukan lambat berperan dalam upaya penggabungan flok.

#### (1) Jenis Pengadukan

Jenis pengadukan dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metoda pengadukan. Berdasarkan kecepatannya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Berdasarkan

metodenya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan mekanis, pengadukan hidrolis, dan pengadukan pneumatis.

Kecepatan pengadukan merupakan parameter penting dalam pengadukan yang dinyatakan dengan gradien. Gradien kecepatan merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai (P):

$$G = \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot V}}$$

**Gambar 2.1** Rumus Kecepatan Pengadukan

Keterangan :

$P$  = suplai tenaga ke air (N. m/detik)

$V$  = volume air yang diaduk,  $m^3$

$\pi$  = viskositas absolut air, N.detik/m

$G$  = Gradien

Rumus diatas berlaku umum untuk semua jenis pengadukan. Parameter yang membedakannya adalah besarnya tenaga yang disuplai ke dalam air (P) yang dapat dihitung dengan rumus-rumus yang akan dijelaskan pada penjelasan tenaga pengadukan, (Eckenfelder Jr, W. Wesley. 2000).

#### (1.1) Pengadukan Cepat

Pengadukan cepat secara kontinu sering digunakan, dimana substansi yang satu akan teraduk dengan yang lainnya, (Burton, dkk., 2003). Waktu tinggal pada pengadukan cepat umumnya 20-60 detik, ada juga yang lebih kecil dari 10 detik atau yang paling lama 2-5 menit dan gradien kecepatan pada pengadukan cepat berkisar antara 700-1000 mps/m, (Richards, 1996). Gradien kecepatan merupakan fungsi dari daya yang di suplai oleh pengaduk :

- Untuk proses koagulasi-flokulasi:
  - Waktu detensi = 20 - 60 detik
  - $G$  = 1000 - 700 detik
- Untuk penurunan kesadahan (pilar utan kapur/soda):
  - Waktu detensi = 20 - 60 detik
  - $G$  = 1000 - 700 detik
- Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
  - Waktu detensi = 0,5 - 6 menit
  - $G$  = 1000 - 700 detik
- Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:
  - Pengadukan mekanis
  - Pengadukan hidrolis
  - Pengadukan pneumatic

#### (1.2) 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. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai detik 100) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Champ) berkisar 48000 hingga 210000. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar, (Richards, 1996).

Secara spesifik, nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut:

- Untuk air sungai:
  - Waktu detensi = 20 menit
  - $G = 10 - 50$  detik
- Untuk air waduk:
  - Waktu detensi = 30 menit
  - $G = 10 - 75$  detik
- Untuk air keruh:
  - Waktu dan G lebih rendah
- Bila menggunakan garam besi sebagai koagulan:
  - G tidak lebih dari 50 detik
- Untuk flokulator 3 kompartemen :
  - G kompartemen 1 = nilai terbesar
  - G kompartemen 2 = 40% dari G kompartemen 1
  - G kompartemen 3 = Nilai Terkecil
- Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):
  - Waktu detensi = minimum 30 menit
  - $G = 10 - 50$  detik
- Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain )
  - Waktu detensi = 15 - 30 menit
  - $G = 20 - 70$  detik
  - $GTd = 10.000 - 100.000$

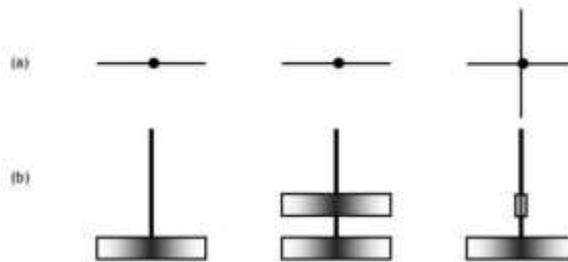
➤ Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:

- Pengadukan mekanis
- Pengadukan hidrolis

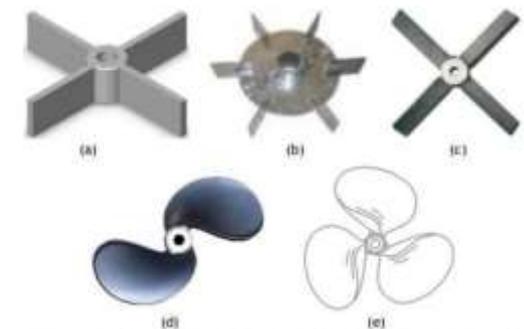
## (2) Metode Pengadukan

### (2.1) Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis adalah 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). Bentuk ketiga *impeller* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3



**Gambar 2.2** Tipe paddle (a) tampak atas, (b) tampak samping, (Qasim dkk.,200).



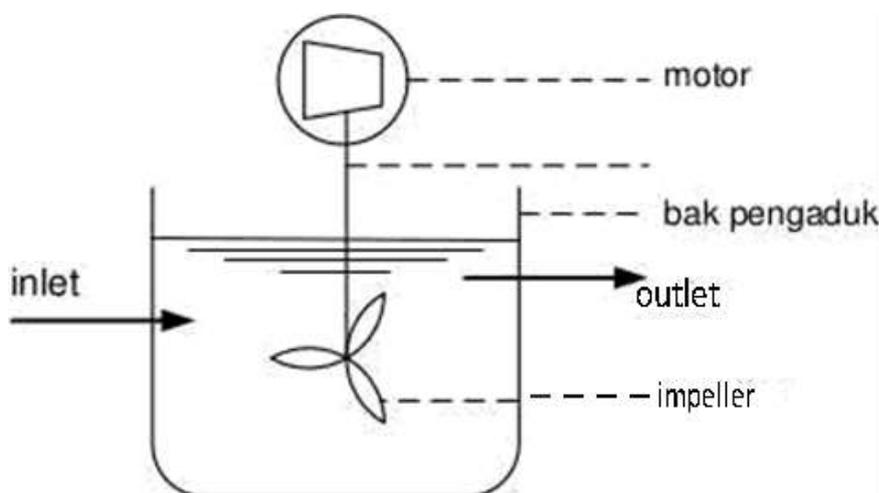
**Gambar 2.3** Tipe turbine dan Propeller. (a) turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbine dengan blade menyerong, (d ) propeller 2 blade, (e) propeller 3 blade, (Qasim, dkL., 2000).

**Tabel 2.7** Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
<i>Paddle</i>	20 – 150 rpm	Diameter : 50-80% lebar bak Lebar : 1/6-1/10 diameter paddle	
<i>Turbine</i>	10 – 150 rpm	Diameter : 30-50% lebar bak	
<i>Propeller</i>	400 – 1750 rpm	Diameter : Maksimal 45 cm	Jumlah Pich 1-2 bush

Sumber : Reynold dan Richards, 1966.

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak (Gambar 2.4). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu  $G$  dan  $td$ . Sekedar patokan, Tabel 2.8 dapat digunakan dalam pemilihan nilai  $G$  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  $G$  kompartemen III adalah yang paling kecil (Gambar 2.5). Pengadukan mekanis yang umum digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi hingga membentuk ada (paddle wheel), baik dengan posisi horisontal maupun vertikal (Gambar 2.6), (Reynaldo; Richard, 1996).

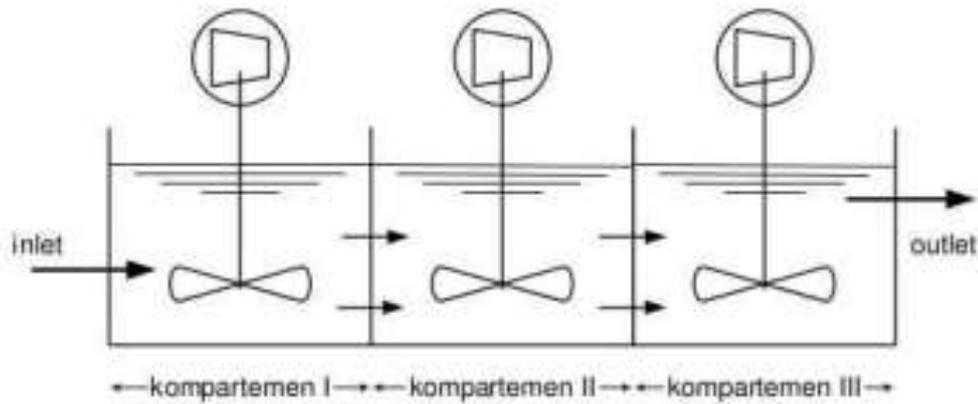
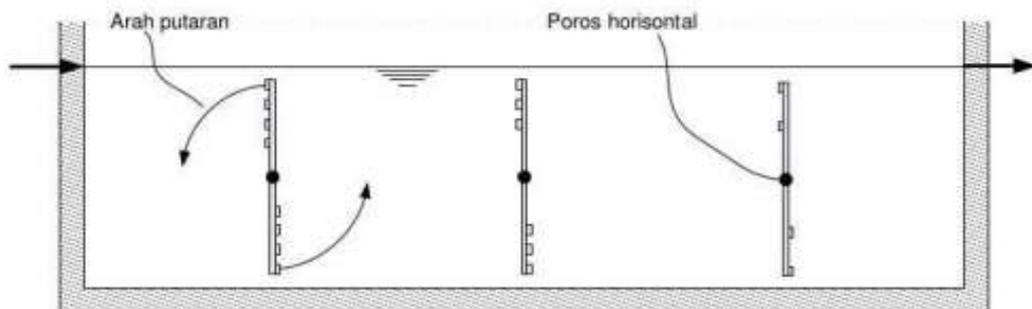


**Gambar 2.4** Pengadukan cepat dengan alat pengaduk.

**Tabel 2.8** Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan

Waktu Pengadukan $t_d$ (detik)	Gradien Kecepatan (1/detik)
20	1000
30	900
40	790
$50 \geq$	700

Sumber : Reynaldo dan Richard (1996).

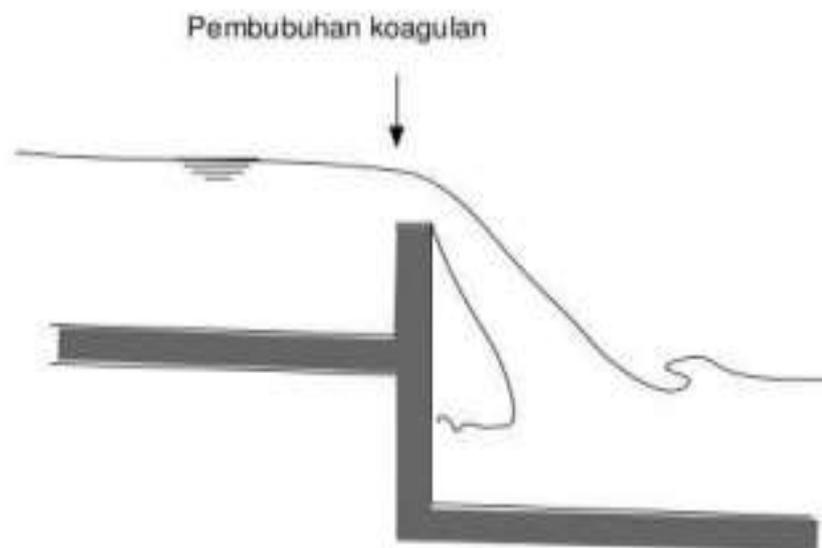
**Gambar 2.5** Pengadukan lambat dengan alat pengaduk.**Gambar 2.6** Pengadukan lambat dengan alat pengaduk.

## (2.2) Pengadukan Hidrolis

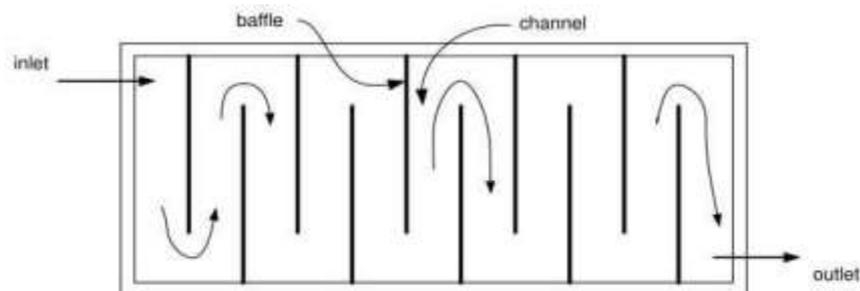
Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolis yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolis. Energi hidrolis dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolis dalam suatu aliran, (Reynaldo; Richard, 1996).

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 (Gambar 2.7), 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 (*boffled channel*, Gambar 2.7 dan 2.8), *perforated walt*, *graven bed* dan sebagainya.



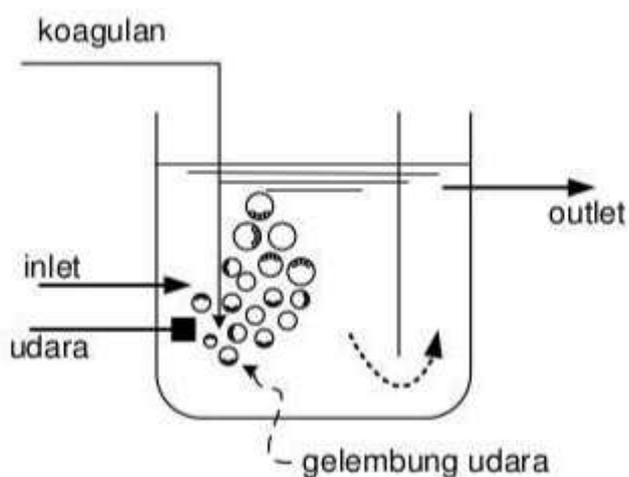
**Gambar 2.7** Pengadukan cepat dengan terjunan.



**Gambar 2.8** Denah Pengadukan lambat dengan *baffled channel*.

### (2.3) Pengadukan Pneumatis

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan. Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan gerakan pada air (Gambar 2.9). Injeksi udara bertekanan ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, akibat lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan menggerakkan air. Makin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang makin besar pula, (Reynaldo; Richard, 1996).



**Gambar 2.9** Pengadukan cepat secara pneumatis.

## 2. Proses Pengolahan Secara Fisika

Proses pengolahan secara fisika merupakan metode pengolahan air limbah dengan cara menghilangkan polutan secara fisika, seperti sedimentasi, penyaringan, screening dan lain-lain. Prinsip utama dari pengolahan limbah secara fisika adalah untuk menghilangkan padatan yang tersuspensi pada air, (Riffat, 2012). Metode pengolahan secara fisika antara lain sedimentasi dan filtrasi.

### 1) Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel yang tersuspensi di air. Partikel yang tersuspensi di air memiliki massa jenis yang lebih besar dari air. Proses sedimentasi merupakan pemisahan yang dipengaruhi gaya gravitasi berdasarkan perbedaan partikel yang tersuspensi dengan larutannya, (Carlsson, 1998).

Proses sedimentasi diamati pada proses pengolahan air limbah pada industri tepung jagung. Pengamatan menunjukkan bahwa tidak semua partikel yang tersuspensi dapat mengendap. Partikel yang lebih besar membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menghilangkan partikel yang lebih besar. Oleh karena itu, dibutuhkan metode tambahan seperti mikrofiltrasi untuk menghilangkan semua partikel yang tersuspensi. Proses sedimentasi merupakan proses pengolahan air limbah partikel yang tersuspensi, (Cancino, Madariaga; Aguirre, 2011).

Saat ini metode sedimentasi terutama di industri terus dikembangkan dengan cara melakukan modifikasi pada tanki sediment. Salah satunya dengan memodifikasi vortex pada tanki sedimen. Modifikasi *vortex* menunjukkan terdapat peningkatan proses sedimentasi, (Ochowiak; dkk., 2017).

## 2) Penyaringan Atau Filtrasi

Penyaringan pada proses pengolahan air merupakan proses tersier dalam pengolahan air Limbah. Proses ini biasanya diikuti setelah proses sekunder (sedimentasi, koagulasi, lumpur teraktivasi). Proses filtrasi dapat memisahkan sebagian besar partikel yang tersuspensi sehingga tahap disinfeksi menjadi lebih efektif, (Hamoda; dkk., 2004).

Material untuk proses ini antara lain pasir, abu layang, batu gamping, dan dolomit. Proses filtrasi pada air limbah dapat digunakan untuk menghilangkan logam berat seperti Pb (II), Cd (II), Cu (II). Batu gamping yang berasal dari Tunisia menunjukkan hasil yang cukup efektif untuk proses penghilangan logam berat pada larutan encer. Proses penyaringan menunjukkan faktor yang mempengaruhi dalam proses penghilangan logam berat adalah adsorpsi kimia dan presipitasi. Selain itu pengotor yang terkandung pada batu gamping juga mempengaruhi kecepatan penghilangan logam berat dari larutan, (Sdiri; dkk., 2012).

Penggunaan batu gamping untuk proses filtrasi logam berat juga dilaporkan oleh Aziz et al., (2001). Penggunaan batu gamping sebanyak lebih dari 90% dengan konsentrasi lebih tinggi dibandingkan 50 mg/l dapat dihilangkan dengan batu gamping sebanyak 56 gram. Pada proses penyaringan logam berat dengan batu gamping meliputi proses adsorpsi maupun absorpsi.

Sejak perang dunia pertama, karbon aktif sudah dikenal sebagai adsorben atau penyerap yang efektif. Karbon aktif adalah bahan berupa karbon bebas yang masing-masing berikatan secara kovalen dan non-polar atau arang yang telah dibuat dan diolah secara khusus melalui proses aktivasi sehingga pori-porinya terbuka. Dengan demikian, mempunyai daya serap yang besar terhadap zat-zat lainnya, baik

dalam fase cair maupun dalam fase gas. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, dimana semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar dan kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan menggunakan karbon aktif yang telah dihaluskan. Karbon aktif ini cocok digunakan untuk mengadsorpsi zat-zat organik. Komposisi karbon aktif terdiri dari silika ( $\text{SiO}_2$ ), karbon, kadar air dan kadar debu. Unsur silika merupakan kadar bahan yang keras dan tidak mudah larut dalam air sehingga berfungsi sebagai pembersih partikel yang terkandung dalam air keruh untuk memperoleh air yang jernih, (Brady, 1999).

Bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah maupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi karbon aktif yaitu dibuat melalui proses pembakaran secara karbonisasi (aktivasi) dari semua bahan yang mengandung unsur karbon dalam tempat tertutup dan dioksidasi/diaktifkan dengan udara atau uap untuk menghilangkan hidrokarbon yang akan menghalangi/mengganggu penyerapan zat organik. Bahan tersebut antar lain tulang, kayu lunak maupun keras, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, dan batubara, (Brady, 1999).

Adsorpsi adalah suatu proses ketika molekul yang terlarut (adsorbat) dihilangkan dengan cara menempelkan adsorbat pada permukaan adsorben. Adsorben harus memiliki luas permukaan yang tinggi, contoh adsorben antara lain alumina, clay, hidroksida, resin, dan karbon teraktivasi. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh diameter partikel, konsentrasi adsorbat, suhu, berat molekul dan pH, (Samer, 2015).

Dalam pengolahan air limbah biasanya proses adsorpsi digunakan untuk menghilangkan zat warna dari air limbah. Salah satu contoh Penggunaan adsorben dalam pengolahan air limbah adalah ZSM-5. ZSM-5 yang disintesis dari kaolin Bangka digunakan untuk menghilangkan zat warna tekstil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ZSM-5 yang berasal dari kaolin Bangka adalah adsorben yang baik untuk mendegradasi zat warna tekstil, (Iryani; Djoko Hartanto, 2017).

### **3. Proses Pengolahan Secara Biologi**

Proses pengolahan limbah dengan metode biologi adalah proses penghancuran atau penghilangan kontaminan dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Tujuan utama pengolahan dengan metode biologi adalah menghilangkan dan mengurangi bahan organik biodegradable dari air limbah ke tingkat yang dapat diterima sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan. Pengolahan secara biologi juga digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dari air limbah, (Riffat, 2012). Beberapa metode yang digunakan pada proses pengolahan biologis antara lain proses anaerobik, aerobik, bioreaktor, dan lumpur teaktifasi.

#### **1) Lumpur Teraktivasi**

Lumpur teraktivasi merupakan suatu metode berdasarkan populasi bakteri yang tersuspensi pada limbah air dengan kondisi aerobik. Kondisi nutrisi dan oksigen yang tak terbatas menyebabkan kecepatan tumbuh dan respirasi bakteri akan tinggi, (Samer, 2015).

Penggunaan metode lumpur teraktivasi telah dilaporkan oleh Soraya tahun 2012 pada limbah cair industri PT. X. Limbah cair industri PT X dimasukkan ke dalam tangki aerasi yang berisi mikroorganisme aerobik. Di dalam tangki aerasi

terjadi proses perombakan bahan organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Limbah yang telah diolah kemudian dialirkan dari tangki aerasi ke dalam tangki sedimentasi. Dalam tangki sedimentasi ini terjadi pemisahan mikroorganisme dengan air limbah. Mikroorganisme tersebut akan terkumpul satu sama lain dan membentuk flok mikroorganisme yang turun ke bagian bawah tangki sedimentasi sebagai sludge atau lumpur biomassa. Lumpur biomassa ini akan dikeluarkan dari tangki sedimentasi dan sebagian kecil dikembalikan ke tangki aerasi 1. Sisanya dialirkan ke tangki aerasi 2 untuk penambahan nutrisi. Setelah proses penambahan nutrisi tersebut limbah dialirkan kembali ke tangki sedimentasi untuk pemisahan lumpur dan air limbah yang telah diolah, Penggunaan lumpur teraktivasi menurunkan kadar COD, BOD, dan TDS dari air limbah PT X. Akan tetapi untuk polutan lain seperti logam berat tidak diamati. Penggunaan lumpur teraktivasi juga digunakan untuk proses degradasi phthalate esters (PE). PE adalah bahan aditif yang digunakan dalam proses pembuatan plastik akan tetapi juga ditemukan di lem, cat, pestisida dan farmasi. Penggunaan lumpur teraktivasi untuk degradasi PE terbukti cukup efektif. Lumpur teraktivasi dapat menghilangkan nitrogen dan fosfor hingga 91%-93% dari PE pada air limbah. Mikroba yang digunakan untuk proses degradasi yang berada dalam lumpur teraktivasi menurun seiring dengan menurunnya kelarutan air di ester, (Roslev; dkk., 2007).

Aktivitas dari lumpur teraktivasi dapat ditingkatkan salah satunya dengan menambahkan enzim fungal. Penambahan enzim fungal dilakukan pada lumpur teraktivasi untuk degradasi zat warna pada air limbah industri tekstil. Penambahan enzim pada lumpur teraktivasi terbukti dapat meningkatkan aktivitas dari lumpur teraktivasi. Jumlah endapan dan warna yang hilang meningkat dari 75% ke 95%.

Pada limbah dengan jumlah zat organik terlarut yang lebih rendah kemampuan lumpur teraktifasi meningkat dari 82.3 % ke 98.4%, (Manai; dkk., 2017).

## 2) Biofiltrasi

Biofiltrasi atau biasa disebut dengan trickling filters, percolating filters, dan bakteria beds adalah proses sekunder yang digunakan untuk air limbah domestik. Metode biofilter menghasilkan air dengan kualitas yang baik, misalnya < 20 mg BOD/l dan <30 mg SS/l, (Mara, 2013).

Pada biofilter mikroorganisme dipasang pada media berpori untuk mendegradasi polutan yang berada aliran air limbah. Mikroorganisme tumbuh dalam biofilm pada permukaan medium atau tersuspensi dalam fase air yang mengelilingi partikel medium. Kinerja biofilter dipengaruhi oleh inokulasi mikroba, pH, suhu, kelembaban dan kandungan hara, (Srivastava; Majumder, 2008).

Salah satu aplikasi biofilter digunakan untuk menghilangkan logam berat dari air limbah. Selain logam berat biofilter juga digunakan untuk menghilangkan *toluene* dalam air limbah. Salah satu aplikasi biofilter adalah dalam proses degradasi *toluene*. Material yang digunakan sebagai penyaring harus memiliki luas permukaan yang tinggi, kapasitas air tinggi, densitas rendah, dan porositas yang tinggi. Mikroba di letakan di dalam filter. Salah satu mikroba yang dapat digunakan adalah mikroba yang berasal dari kompos kotoran sapi. Mikroba yang berasal dari kompos kotoran sapi karena memiliki berbagai macam jenis mikroba. Penghilangan *toluene* paling besar sebesar 97% ketika jumlah mikroba yang ditambahkan  $60.55 \text{ g/m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Akan tetapi, sensitifitas dari biofilter akan menurun ketika kondisi lingkungan berubah, (Rajamanickam; Baskaran, 2017).

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem anaerob aerob biofilter, kolam anaerob merupakan unit yang mana didalamnya terjadi proses penguraian air limbah secara anaerob oleh bakteri anaerob. Di dalam proses pengolahan air limbah secara anaerob, akan dihasilkan gas metan, amoniak dan gas  $H_2S$  yang menyebabkan bau busuk. Oleh karena itu untuk pengolahan air limbah rumah sakit atau fasilitas pelayanan kesehatan unit reaktor biofilter anaerob dibuat tertutup dan dilengkapi dengan pipa pengeluaran gas dan jika perlu dilengkapi dengan filter penghilang bau. Reaktor biofilter dapat dibuat dari bahan beton bertulang, bahan plat baja maupun dari bahan *fiber reinforced plastic* (FRP). Untuk raktor biofilter dengan kapasitas yang besar umumnya dibuat dari bahan beton bertulang, sedangkan untuk kapasitas kecil atau sedang umumnya dibuat dari bahan FRP atau plat baja yang dilapisi dengan bahan anti karat, (DIKJEN BINA Upaya Kesehatan KEMENKES RI, Seri Sanitasi Pedoman Teknis Ipal dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan, 2011: 69).

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob-aerob, reaktor biofilter aerobik merupakan unit proses yang dipasang setelah proses biofilter anaerob. Konstruksi reaktor biofilter aerob pada dasarnya sama dengan reaktor biofilter anaerob. Perbedaanya adalah di dalam reaktor biofilter aerob dilengkapi dengan proses aerasi. Proses aerasi umunya dilakukan dengan menghembuskan udara melalui difuser dengan menggunakan blower udara. Di dalam reaktor biofilter aerob terjadi kondisi aerobik sehingga polutan organik yang masih belum terurai di dalam reaktor biofilter anaerob akan diuraikan menjadi karbon dioksida dan air. Sedangkan amoniak atau amonium yang terjadi pada proses biofilter anaerob akan dioksidasi (proses nitrifikasi) akan diubah menjadi

nitrat ( $\text{NH}_4^+$ ). Selain itu gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang terbentuk akibat proses anaerob akan diubah menjadi sulfat ( $\text{SO}_4$ ) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilter aerob. Konstruksi reaktor biofilter aerob dapat dibuat dari beton bertulang atau dari bahan plat baja atau bahan lainnya. Bentuk kolam tersebut dapat berbentuk tabung atau persegi. Di dalam kolam tersebut dilengkapi dengan peralatan pemasok udara, (DIKJEN BINA Upaya Kesehatan KEMENKES RI, Seri Sanitasi Pedoman Teknis Ipal dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan, 2011:70-71).

### E. Parameter Limbah Laboratorium

Lampiran XIIV Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

#### BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN

1. Fasilitas Pelayanan Kesehatan yang melakukan Pengolahan Limbah Domestik

**Tabel 2.9** Limbah Cair Domestik Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Parameter	Konsentrasi Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
<b>Fisika</b>		
Suhu	38	$^{\circ}\text{C}$
Zat padat terlarut	2.000	mg/L
Zat padat tersuspensi	200	mg/L
<b>Kimia</b>		
pH	6-9	
BOD	50	mg/L
COD	80	mg/L
TSS	30	mg/L
Minyak dan Lemak	10	mg/L
MBAS	10	mg/L
Amonia Nitrogen	10	mg/L
Total Coliform	5.000	(MPN/100 ml)

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

## 2. Fasilitas Pelayanan Kesehatan yang melakukan Pengolahan Limbah Bahan

### Berbahaya dan Beracun

Fasilitas Kesehatan yang melakukan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun, yang hasil pengolahannya disalurkan ke IPAL, maka wajib memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik sebagaimana Bagian A, dan Baku Mutu Air Limbah dengan parameter tambahan sebagai berikut:

**Tabel 2.10** Limbah Cair Bahan Berbahaya dan Beracun Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Parameter	Konsentrasi Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
<b>Kimia</b>		
Ph	6 – 9	mg/L
Besi, terlarut (Fe)	5	mg/L
Mangan terlarut (Mn)	2	mg/L
Barium (Ba)	2	mg/L
Tembaga (Cu)	2	mg/L
Seng (Zn)	5	mg/L
Krom valensi enam (Cr <sup>6+</sup> )	0,1	mg/L
Krom total (Cr)	0,5	mg/L
Kadmium (Cd)	0,05	mg/L
Merkuri (Hg)	0,002	mg/L
Timbal (Pb)	0,1	mg/L
Stanum (Sn)	2	mg/L
Arsen (As)	0,1	mg/L
Selenium (Se)	0,05	mg/L
Nikel (Ni)	0,2	mg/L
Kobal (Co)	0,4	mg/L
Sianida (CN <sup>-</sup> )	0,05	mg/L
Sulfida (S <sup>2-</sup> )	0,05	mg/L
Flourida (F <sup>-</sup> )	2	mg/L
Klorin bebas (Cl <sub>2</sub> )	1	mg/L
Amoniak bebas (NH <sub>3</sub> -N)	1	mg/L
Nitrat (NO <sub>3</sub> -)	20	mg/L
Nitrit (NO <sub>2</sub> -)	1	mg/L
Senyawa aktif biru metilen,(MBAS)	5	mg/L
Fenol	0,5	mg/L
AOX	0,5	mg/L
PCBs	0,005	mg/L
PCDFs	10	mg/L
PCDDs	10	mg/L

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

## **F. Pengertian Parameter-Parameter Air Limbah Laboratorium**

### **1. Suhu**

Temperature atau suhu adalah ukuran yang menunjukkan intensitas panas suatu benda. Suhu benda yang tinggi mengindikasikan bahwa benda tersebut mengandung panas yang cukup besar dan bisa dikatakan benda tersebut panas. Sebaliknya suhu benda yang rendah mengindikasikan bahwa benda tersebut mempunyai kandungan panas yang rendah dan benda tersebut dikatakan dingin, (Esvandiari, 2006).

### **2. Zat padat terlarut**

Zat padat terlarut TDS (total dissolved solid) dalam air dalam jumlah yang melebihi batas maksimal yang diperbolehkan (1000 mg/L). Padatan yang terlarut di dalam air berupa bahan-bahan kimia anorganik dan gas-gas yang terlarut. Air yang mengandung jumlah padatan melebihi batas menyebabkan rasa yang tidak enak, menyebabkan mual, penyebab serangan jantung (*cardiac disease*) dan (*tixaemia*) pada wanita hamil, (Efendi Helfi, 2003).

### **3. Zat padat tersuspensi**

zat padat tersuspensi TSS (total suspended solid) adalah seluruh zat padat baik pasir, lumpur maupun tanah liat atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air lainnya dapat berupa komponen biotik misalnya fitoplankton, zooplankton, bakteri atau komponen abiotik misalnya detritus dan partikel-partikel endapan lainnya. Zat padat tersuspensi merupakan tempat terjadinya reaksi-reaksi kimia yang heterogen dan berfungsi sebagai bahan endapan yang terbesar dalam kolom air, (Efendi Helfi, 2003).

#### 4. pH

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar di mana masih memungkinkan kehidupan biologi di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik untuk air limbah adalah netral yaitu 7. Semakin kecil nilai pH nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam, (Sugiharto, 2014).

#### 5. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram/liter (mg/L) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri pada suhu 20°C selama 5 hari. Biasanya dalam waktu 5 hari, sebanyak 60-70% kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai. BOD hanya menggambarkan kebutuhan oksigen untuk penguraian bahan organik yang dapat didekomposisikan secara biologis (*biodegradable*), (Ricki M. Mulia, 2005).

#### 6. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah total oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didekomposisi secara biologis (*non biodegradable*). Oksigen yang dikonsumsi setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan untuk mengoksidasi air sampel, (Ricki M. Mulia, 2005).

### 7. TSS (*Total Suspended Solid*)

Jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron, (Sugiharto, 2014).

### 8. Minyak dan Lemak

Lemak adalah bahan padat yang terletak pada suhu ruang, dimana disebabkan oleh kandungan asam lemak yang tinggi yang tidak memiliki ikatan rangkap, sehingga mempunyai titik lebur yang lebih tinggi, sedangkan minyak adalah bahan cair pada suhu ruang karena disebabkan oleh tingginya kandungan asam lemak yang tidak jenuh yang memiliki satu atau lebih ikatan rangkap diantara karbon atom-atomnya sehingga memiliki titik lebur yang rendah, (Winarno, 2004).

### 9. MBAS (*Methylene Blue Active Substance*)

Metilen biru adalah bahan pewarna organik. Bahan pewarna organik yang berwarna biru tua ini, akan menjadi tidak berwarna apabila oksigen pada sampel (air yang tercemar yang sedang dianalisis) telah habis dipergunakan, (Mahida, 1981).

### 10. Amonia Nitrogen ( $\text{NH}_3\text{N}$ )

Amonia adalah hasil akhir degradasi protein oleh mikroba rumen. Amonia merupakan sumber N utama bagi mikroba untuk sintesis protein mikroba rumen. Sumbangan N bagi ternak ruminansia sangat penting mengingat bahwa prekursor protein mikroba adalah amonia dan senyawa sumber karbon, semakin tinggi kadar  $\text{NH}_3$  di dalam rumen maka kemungkinan semakin banyak protein mikroba yang terbentuk sebagai sumber protein tubuh, (Arora, 1995).

### 11. Total Coliform

Bakteri total coliform adalah bakteri coliform yang berasal dari bahan organik yang sering dijadikan sebagai indikator biologi pada suatu perairan untuk menentukan adanya pencemaran. Total coliform dapat ditemukan dilingkungan seperti air, vegetasi, dan tanah yang telah terpengaruh oleh air permukaan serta limbah pembuangan kotoran manusia dan hewan. Pada umumnya bakteri ini tidak berbahaya tetapi jika ditemukan pada sampel air, hal ini menyebabkan adanya pencemaran lingkungan, (Aswan, dkk, 2017).

### 12. Besi (Fe)

Besi atau *Ferrum* (Fe) merupakan metal berwarna putih keperakan, liat, dan dapat dibentuk. Pada umumnya, besi di dalam air dapat bersifat :

- a. Terlarut sebagai  $\text{Fe}^{2+}$  (fero) atau  $\text{Fe}^{3+}$  (feri)
- b. Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter  $< 1 \mu\text{m}$ ) atau lebih besar, seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{FeOOH}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})^3$ , dan sebagainya
- c. Tergabung dengan zat organis atau zat padat inorganis

Besi di alam dapat ditemui dalam bentuk *pyrite* ( $\text{FeS}_2$ ), *hematite* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *limonite* [ $\text{FeO}(\text{OH})$ ], *goethite* ( $\text{HFeO}_2$ ), dan *ochre* [ $\text{Fe}(\text{OH})^3$ ], (Cole, 1988; Moore, 1991).

Senyawa besi pada umumnya sukar larut dan cukup banyak terdapat di dalam tanah. Kadang-kadang besi juga terdapat sebagai senyawa siderite ( $\text{FeCO}_3$ ) yang bersifat mudah larut dalam air, (Cole, 1988 dalam Effendi, 2003).

### 13. Mangan (Mn)

Mangan, metal kelabu-kemerahan, merupakan kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam

bentuk *manganous* ( $Mn^{2+}$ ) dan *manganik* ( $Mn^{4+}$ ). Di dalam tanah,  $Mn^{4+}$  berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida yang sangat tak larut di dalam air dan mengandung karbondioksida. Pada kondisi reduksi (anaerob) akibat dekomposisi bahan organik dengan kadar yang tinggi,  $Mn^{4+}$  pada senyawa mangan dioksida mengalami reduksi menjadi  $Mn^{2+}$  yang bersifat larut.  $Mn^{2+}$  berikatan dengan nitrat, sulfat, dan klorida serta larut dalam air. Mangan dan besi valensi dua hanya terdapat pada perairan yang memiliki kondisi anaerob, (Cole, 1988 dalam Effendi, 2003).

#### 14. Barium (Ba)

Barium adalah unsur kimia golongan II (dalam tabel berkala sistem periodik) yang diberi simbol Ba. Logam ini memiliki nomor atom 56, dan berat atom 137. Unsur barium merupakan elemen ke-5 (dari atas) pada tabel periodik unsur-unsur kimia. Logam-logam golongan II lebih sering diberi istilah dengan “logam-logam golongan alkali tanah”. Barium (dalam bentuk logam) merupakan logam yang lunak dan memiliki warna keperakan, (Kundari; dkk, 2008).

#### 15. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) adalah logam dengan nomor atom 29, massa atom 63,546, titik lebur  $1083^{\circ}C$ , titik didih  $2310^{\circ}C$ , jari-jari atom  $1,173 \text{ \AA}$  dan jari-jari ion  $Cu^{2+}$  dan  $0,96 \text{ \AA}$ . Tembaga adalah logam transisi (golongan I B) yang berwarna kemerahan, mudah regang dan mudah ditempa. Tembaga bersifat racun bagi makhluk hidup. Isoterm adsorpsi merupakan suatu keadaan kesetimbangan yaitu tidak ada lagi perubahan konsentrasi adsorbat baik di fase terserap maupun pada fase gas atau cair. Isoterm adsorpsi biasanya digambarkan dalam bentuk kurva berupa plot distribusi kesetimbangan adsorbat antara fase padat dengan fase gas

atau cair pada suhu konstan. Isoterm adsorpsi merupakan hal yang mendasar dalam penentuan kapasitas dan afinitas adsorpsi suatu adsorbat pada permukaan adsorben, (Kundari; dkk, 2008).

#### 16. Seng (Zn)

Logam seng memiliki sifat fisik dan sifat kimia yaitu mempunyai berat molekul 161,4 mengandung satu atau tujuh molekul air hidrat, hablur transparan atau jarum-jarum kecil, serbuk hablur atau butir, tidak berwarna, tidak berbau, larutan memberikan reaksi asam terhadap lakmus. Konsentrasi Zn lebih besar dari 5 mg/L di dalam air dapat menyebabkan rasa pahit. Seng dalam air juga mungkin dihasilkan dari sisa racun industri, (Dirjen POM, 1995).

#### 17. Krom valensi enam ( $\text{Cr}^{6+}$ )

Ion  $\text{Cr}^{6+}$  merupakan bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya. Sifat racun yang dibawa oleh logam ini dapat mengakibatkan terjadinya keracunan kronis, akut dan dapat menyebabkan kanker, (Palar, 1994).

#### 18. Krom total (Cr)

Secara visual, logam krom (Cr) tampak hitam mengkilat dengan lapisan kecoklatan dan memiliki sifat sedikit magnetik. Berbeda dengan logam biasa, logam krom termasuk logam berat, yaitu dapat menjadi bahan beracun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Logam krom banyak digunakan di beberapa industry, seperti industr pelapisan logam, industry penyamakan kulit, cat dan zat warna tekstil. Krom merupakan logam berat tahan korosi (tahan karat) dan dapat dipoles menjadi mengkilat, (Wikipedia, 2012).

#### 19. Kadmium (Cd)

Logam Kadmium (Cd) merupakan logam yang bernomor atom 48 dan massa atom 112,41. Logam Cd dikenal sebagai unsur chalcophile, jadi Cd cenderung ditemukan dalam deposit sulfide. Kelimpahan Cd pada kerak bumi adalah 0,13  $\mu\text{g/g}$ . Pada lingkungan akuatik, Cd relatif bersifat mudah berpindah. Cd memasuki lingkungan akuatik terutama dari deposisi atmosferik dan efluen pabrik yang menggunakan logam ini dalam proses kerjanya. Di perairan umumnya Cd hadir dalam bentuk ion-ionnya yang terhidrasi, garam-garam klorida, terkomplekskan dengan ligan anorganik atau membentuk kompleks dengan ligan organik, (Weiner, 2008).

#### 20. Merkuri (Hg)

Merkuri termasuk logam berat yang dikategorikan ke dalam limbah. Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena bersifat racun sehingga dapat membahayakan lingkungan hidup dan manusia, (Mentri Lingkungan Hidup, 2013). Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup pada pasal 69 jelas dikatakan bahwa setiap orang dilarang membuang limbah B3 ke lingkungan termasuk ke badan sungai karena akan mencemari air sungai dan berbahaya bagi kesehatan masyarakat yang menggunakan air sungai tersebut sebagai air minum dan keperluan lainnya, (Mutiarra; dkk., 2015).

#### 21. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif sehingga biasa digunakan

untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Timbal adalah logam yang lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan oksidasi +2, (Sunarya, 2007).

#### 22. Stanum (Sn)

Timah atau Stannum (Sn) memiliki nomor atom 50 dan massa atom relatif 118,71 sma. Pada tabel periodik, timah termasuk golongan IVA dan periode 5 bersama-sama dengan karbon, silikon, germanium, dan timbal, (Daintith, 1990). Timah dalam bentuk senyawanya memiliki tingkat oksidasi +2 dan +4, tingkat oksidasi +4 lebih stabil daripada +2. Pada tingkat oksidasi +4, timah menggunakan seluruh elektron valensinya yaitu  $5s^25p^2$  (larutan 15 unsur dalam ikatan), sedangkan pada tingkat oksidasi +2, timah hanya menggunakan elektron valensi  $5p^2$  saja, tetapi perbedaan energi antara kedua tingkat ini rendah, (Ari, 2010).

#### 23. Arsen (As)

Arsen merupakan logam berat dengan valensi 3 atau 5, dan berwarna metal (*steel-grey*). Senyawa arsen didalam alam berada dalam 3 bentuk: Arsen trichlorida ( $AsCl_3$ ) berupa cairan berminyak, Arsen trioksida ( $As_2O_3$ , arsen putih) berupa kristal putih dan berupa gas arsine ( $AsH_3$ ). *Lewisite*, yang sering disebut sebagai gas perang, merupakan salah satu turunan gas arsine. Pada umumnya arsen tidak berbau, tetapi beberapa senyawanya dapat mengeluarkan bau bawang putih. Racun arsen pada umumnya mudah larut dalam air, khususnya dalam air panas, (Fairweather, Tait; dkk., 2011).

#### 24. Selenium (Se)

Secara global konsentrasi selenium (Se) pada tanah berada pada kisaran 0,001 – 0,2 mg/kg. Konsentrasi yang lebih tinggi ditemukan pada tanah yang mengandung material seleniferus, seperti batu pasir, batu gamping, dan batu bara. Deposisi selenium yang berasal dari aktivitas antropogenik (pembakaran bahan bakar fosil, humus, dan komponen agrikultural seperti penyubur tanaman) memberikan kontribusi konsentrasi selenium yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber alami lainnya. Beberapa wilayah di belahan dunia, diketahui masih memiliki konsentrasi selenium tanah yang rendah, seperti dataran gersang di Australia, Cina bagian timur laut dan selatan, Korea Utara bagian utara, Nepal, Tibet, dan Kongo, (Tapiero; dkk., 2003).

#### 25. Nikel (Ni)

Nikel adalah unsur kimia metalik dalam tabel periodik yang memiliki symbol Ni dan nomor atom 28. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras. Sedangkan nikel laterit, merupakan nikel yang terbentuk dari hasil laterisasi, (Anonim, 2008).

#### 26. Kobal (Co)

Kobal adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Co dan nomor atom 27. Warna: sedikit berkilauan, metalik, keabuabuan  
Penggolongan: Metalik Ketersediaan: unsur kimia kobal tersedia di dalam banyak formulasi yang mencakup kertas perak, potongan, bedak, tangkai, dan kawat. contoh besar Dan kecil unsur kimia. Unsur kimia kobalt juga merupakan suatu unsure dengan sifat rapuh agak keras dan mengandung metal serta kaya sifat

magnetis yang serupa setrika. Unsur kimia kobalt adalah batu bintang. Deposit bijih. Cobalt-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) adalah suatu isotop yang diproduksi menggunakan suatu sumber sinar (radiasi energi tinggi). unsur kimia/kobalt mewarnai gelas/kaca serta memiliki suatu keindahan warna kebiruan, (Anonim, 2011).

#### 27. Sianida, (CN)

Sianida adalah kelompok senyawa yang mengandung gugus siano yang terdapat di alam dalam bentuk-bentuk berbeda, (Kjeldsen 1999, Luque-Almagro et al. 2011). Sianida di alam dapat diklasifikasikan sebagai sianida bebas, sianida sederhana, kompleks sianida dan senyawa turunan sianida, (Smith; Mudder 1991).

#### 28. Sulfida, ( $\text{S}^{2-}$ )

Belerang atau sulfur adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang S dan nomor atom 16 . Belerang merupakan unsur non-logam yang tidak berasa. Belerang, dalam bentuk aslinya, adalah sebuah zat padat kristalin kuning. Di alam, belerang dapat ditemukan sebagai unsur murni atau sebagai mineral-mineral sulfide dan sulfat. Belerang atau sulfur adalah suatu unsur kimia dengan nomor atom 16 yang berbentuk non-logam, tidak berasa, tidak berbau, dan merupakan senyawa multivalent. Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) merupakan salah satu gas hasil turunan dari belerang yang terdapat pada gunung berapi. Apabila sulfur dioksida direaksikan dengan air akan terbentuk asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Uap dan kabut asam sulfur atau pun asam sulfat bersifat korosif. Sulfida (nama sistematisnya sulfanediida, dan sulfida( $2-$ )) adalah suatu anion anorganik dari belerang (atau sulfur) dengan rumus kimia  $\text{S}^{2-}$ . Ia tidak memberi warna pada garam sulfida. Oleh karena diklasifikasikan sebagai basa kuat, larutan encer

garamnya seperti natrium sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) bersifat korosif dan dapat menyerang kulit. Sulfida adalah anion belerang yang paling sederhana, (Dyah Pranani, 2008).

#### 29. Fluorida ( $\text{F}^-$ )

Fluorida adalah anion monovalen. 13 Fluorida terdapat pada banyak makanan terutama teh, minuman anggur, dan duri ikan. Fluorida yang dikonsumsi manusia akan diabsorpsi di lambung. Absorpsi fluorida terjadi secara cepat saat lambung kosong dan fluorida sudah mencair. Adanya kalsium, magnesium, dan aluminium dapat mengurangi absorpsi fluorida sehingga zat-zat ini sebaiknya dikonsumsi 3 jam sesudah/sebelum konsumsi fluorida, (Anonim, 2015).

#### 30. Klorin bebas ( $\text{Cl}_2$ )

Klorin ( $\text{Cl}_2$ ) yang terdapat akan menghasilkan suatu zat sampingan yang bersifat super toksik dan dipercaya sebagai senyawa yang paling beracun yang pernah ditemukan manusia karena dapat menyebabkan kerusakan organ secara luas yaitu dioksin. Dioksin merupakan suatu zat yang sangat berbahaya dan kadarnya sangat rendah dan dihitung dalam pikogram, (Lee et al., 2012).

#### 31. Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Amonia bebas merupakan amonia yang tidak bereaksi sempurna dengan karbon dioksida pada saat proses pembuatan urea. *Free ammonia* tidak berikatan langsung dengan urea tetapi melekat dalam butirnya, (Agil, 2018).

#### 32. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang

merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat merupakan proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi amonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Kedua jenis bakteri tersebut merupakan bakteri kemotrofik, yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi. Oksidasi nitrit menjadi amonia ditunjukkan dalam persamaan reaksi, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat ditunjukkan dalam persamaan reaksi, (Novotny; Olem, 1994 dalam Effendi, 2003).

### 33. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )

Di perairan alami, nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan (*intermediate*) antara amonia dan nitrat (*nitrifikasi*) dan antara nitrat dengan gas nitrogen (*denitrifikasi*) yang berlangsung pada kondisi anaerob. Proses denitrifikasi ditunjukkan dalam persamaan reaksi, (Novotny; Olem, 1994 dalam Effendi, 2003).

### 34. Fenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ )

Fenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) merupakan senyawa organik yang mempunyai gugus hidroksil yang terikat pada cincin benzena. Senyawa fenol memiliki beberapa nama lain seperti asam karbolik, fenat monohidroksibenzena, asam fenat, asam fenilat, fenil hidroksida, oksibenzena, benzenol, monofenol, fenil hidrat, fenilat alkohol, dan fenol alkohol, (Nair et al, 2008).

Fenol merupakan senyawa yang bersifat toksik dan korosif terhadap kulit (iritasi) dan pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia hingga kematian pada organisme. Tingkat toksisitas fenol beragam

tergantung dari jumlah atom atau molekul yang melekat pada rantai benzenanya, (Qadeer; Rehan, 1998).

### 35. AOX

Absorbable organic halide (AOX) diartikan sebagai jumlah dari total organic halogens sebagai jumlah dari total organic halogens yang ada dalam air atau padatan, (Hayer F and Pihan J.C., 1996).

### 36. PCBs

*Polychlorinated biphenyls* (PCB) merupakan senyawa chlorinated aromatic hidrokarbon yang sangat stabil dan berwarna bening atau kuning pucat. PCBs memiliki sifat tidak larut dalam air, konstanta dielektrik tinggi, memiliki konduksi listrik rendah. Senyawa tersebut digunakan dari tahun 1930 hingga 1970an dalam berbagai produk industri. PCBs paling banyak digunakan dalam peralatan listrik seperti transformator, generator, kapasitor, coolant, dll. Pembatasan penggunaan PCBs dikarenakan dampak terhadap lingkungan, termasuk bioakumulasi pada ikan dan mamalia. Efek pada kesehatan manusia, tergantung pada konsentrasi PCBs, jenis PCBs, dan tingkat paparannya terhadap manusia, (Robertson, Larry W.; Hansen, Larry G., eds, 2001).

### 37. PCDFs

*Polychlorinated dibenzofuran* (PCDF) adalah kontaminan yang terdeteksi dalam hampir semua kompartemen di dalam ekosistem global dalam jumlah yang sangat kecil. Senyawa-senyawa ini dikategorikan ke dalam partikel yang menimbulkan pengaruh yang cukup signifikan bagi lingkungan, (Marinkovic, Natalija, et all, 2010).

### 38. PCDDs

*Polychlorinated dibenzo-p-dioksin* (PCDD) adalah pencemar multimedia yang jika sekali terlepas ke lingkungan akan mengganggu berbagai keseimbangan komponen lingkungan. Mengacu pada lipofilisitas (kemampuan untuk bersifat lipofilik) dan kelarutan dalam air yang begitu rendah, PCDD/PCDF terutama terikat pada partikulat dan material organik dalam tanah dan sedimen, dan dalam biota, mereka terkonsentrasi dalam jaringan lemak. Dalam udara, sebagai senyawa semi-volatil, PCDD/PCDF dapat hadir dalam fasa gas maupun terikat dalam partikel senyawa lain. Dua kunci parameternya adalah tekanan uap kongener dan temperatur udara lingkungan menentukan partisi antara gas dengan partikel, (Marinkovic, Natalija, et al, 2010).

### **G. Persyaratan Kontruksi IPAL Sistem Anaerob Aerob Biofilter**

Menurut DIKJEN BINA Upaya Kesehatan KEMENKES RI, Seri Sanitasi Pedoman Teknis Ipaldengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan, 2011. Terdapat beberapa persyaratan dalam pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) seperti :

1. Lokasi IPAL sebaiknya berada :
  - 1) Tidak terlalu jauh dari sumber/asal air limbahnya.
  - 2) Tidak mengganggu lingkungan, baik dari segi pandangan maupun dari segi kemungkinan bau.
  - 3) Tidak jauh dari saluran pembuangan lingkungan.
2. Posisi bangunan IPAL, dapat berada :
  - 1) Di atas tanah.

- 2) Di bawah tanah.(misalnya di bawah halaman parkir, di bawah taman penghijauan).
- 3) Di dalam bangunan (besmen).

### 3. Struktur Bangunan IPAL

- 1) Setiap bangunan IPAL, strukturnya harus direncanakan dan dilaksanakan dengan cukup kuat, kokoh, dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan keselamatan, kelayanan, dan umur layanannya.
- 2) Kemampuan memikul beban diperhitungkan terhadap pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat beban muatan tetap maupun beban muatan sementara yang timbul akibat gempa, angin, pengaruh korosi, jamur dan sebagainya.
- 3) Dalam perencanaan struktur bangunan IPAL harus diperhitungkan dapat memikul pengaruh gempa rencana sesuai dengan zona gempanya.
- 4) Apabila bangunan IPAL terletak pada lokasi tanah yang dapat terjadi likuifaksi (pergeseran), maka struktur bawah bangunan IPAL harus direncanakan mampu menahan gaya likuifaksi (pergeseran) tanah tersebut.
- 5) Untuk menentukan tingkat keandalan struktur IPAL, harus dilakukan pemeriksaan keandalan bangunan IPAL secara berkala sesuai ketentuan dalam Pedoman/Petunjuk Teknis Tata Cara Pemeriksaan Keandalan Bangunan IPAL.
- 6) Perbaikan atau perkuatan struktur bangunan IPAL harus segera dilakukan sesuai rekomendasi hasil pemeriksaan keandalan bangunan IPAL,

sehingga bangunan IPAL selalu memenuhi persyaratan keselamatan struktur.

- 7) Perencanaan dan pelaksanaan perawatan struktur bangunan IPAL seperti halnya penambahan struktur dan/atau penggantian struktur, harus mempertimbangkan persyaratan keselamatan struktur sesuai dengan pedoman dan standar teknis yang berlaku.
- 8) Pemeriksaan keandalan bangunan IPAL dilaksanakan secara berkala.
- 9) Untuk mencegah terjadinya keruntuhan struktur yang tidak diharapkan, pemeriksaan keandalan bangunan harus dilakukan secara berkala sesuai pedoman/petunjuk teknis yang berlaku.

#### 4. Persyaratan Bahan

- 1) Bahan struktur yang digunakan harus sudah memenuhi semua persyaratan keamanan, termasuk keselamatan terhadap lingkungan dan pengguna bangunan IPAL, serta sesuai standar teknis (SNI) yang terkait.
- 2) Bahan yang dibuat atau dicampurkan di lapangan, harus diproses sesuai standar tata cara yang baku untuk keperluan yang dimaksud.
- 3) Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

#### 5. Sistem Penghawaan Alami

Apabila IPAL terletak di atas tanah secara terbuka, penghawaannya harus tidak mengganggu terhadap lingkungannya.

#### 6. Sistem Penghawaan Mekanis

- 1) Apabila IPAL terletak di dalam bangunan (besmen), sistem penghawaan ruangan IPAL perlu mendapat perhatian.
- 2) Kebutuhan oksigen pada proses IPAL harus ditambahkan ke dalam kebutuhan pertukaran udara dalam ruangan.
- 3) Kebutuhan sistem penghawaan bila IPAL terletak di dalam bangunan, penghawaan harus dilakukan dengan sistem penghawaan mekanis.
- 4) Besarnya pertukaran udara mengikuti SNI 03-6572-2001 Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung, atau edisi terbaru.

#### 7. Sistem Pencahayaan

Apabila IPAL terletak di dalam bangunan (besmen), sistem pencahayaan darurat (normal + siaga) harus dipasang sesuai ketentuan yang berlaku.

#### 8. Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan pada IPAL mengikuti SNI 04-0225-2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000).

### **H. Perencanaan Bak dan Filter IPAL Laboratorium**

Perencanaan perhitungan bak dan filter karbom aktif Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Laboratorium yang akan digunakan sebagai berikut :

1. Bak Koagulasi (Pengolahan Kimia)
2. Bak Flokulasi *baffled channel* (Pengolahan Kimia)
3. Bak Sedimentasi Awal (Pengolahan Fisika)

4. Filter Karbon Aktif (Pengolahan Fisika)
5. Bak Biofilter Anaerob (Pengolahan Biologi)
6. Bak Biofilter Aerob (Pengolahan Biologi)
7. Filter Karbon Aktif (Pengolahan Fisika)
8. Bak Sedimentasi Akhir (Pengolahan Fisika)
9. Bak Penampung Akhir
10. Kolam Ikan

Rumus dan contoh perhitungan bak dan perencanaan filter karbon aktif sebagai berikut :

1. Debit Limbah Cair

Pemakaian air rata-rata untuk jenis kegiatan berdasarkan buku Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan proses biofilter anaerob-aerob, tahun 2013, Pusat Teknologi Lingkungan, untuk pemakaian air rata-rata dalam jenis kegiatan laboratorium adalah 100-200 L/Orang/Hari yang dimana jangka waktu pemakaian air rata rata perharinya adalah 8 jam.

Jumlah Orang perhari yang mengikuti kegiatan = 699 orang

Pemakaian rata rata = 150 liter/orang.hari

Debit ( $m^3$ / hari) = Jumlah Orang perhari yang mengikuti kegiatan  
 $\times$  pemakaian air rata-rata (liter/orang.hari)  
 = 699 orang  $\times$  150 liter/orang.hari

$$\begin{aligned}
 &= 104.850 \text{ liter/orang.hari} \\
 &= 104.850 \text{ liter/orang.hari} : 1000 \\
 &= 104,85 \text{ m}^3/\text{hari} \text{ dibulatkan } 105 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

## 2. Bak Koagulasi

Berdasarkan sumber Ratih Dwi Anggraeni 2014, didalam situs id.scribd (<https://id.scribd.com/document/21178249515-unit-koagulasi-flokulasi>) terdapat rumus hitungan untuk menghitung bak koagulasi sebagai berikut :

### 1) Volume

$$V = Q \times td$$

Keterangan

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

$$Q = \text{Debit Aliran (m}^3\text{/det)}$$

$$td = \text{Waktu Tinggal}$$

$$\text{Debit Limbah} = 105 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu tinggal logam berat pengadukan cepat = 0,5 – 6 menit

$$\text{Volume bak yang diperlukan} = Q \times td$$

$$= 105 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{6}{1440}$$

$$= 0,43 \text{ m}^3$$

Ditetapkan dimensi bak

$$\text{Lebar} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Volume Aktual} = 0.5 \text{ m}^3$$

### 2) Tenaga Pengadukan

$$P = (G^2)(\pi)(V)$$

Keterangan :

$$P = \text{Tenaga (N.m/detik)}$$

$$G = \text{Gardien Kecepatan (1 /detik)}$$

$$\pi = \text{Kekentalan Cairan (kg/m.detik)}$$

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

Pada suhu air 25°C,  $\pi = 0,000890 \text{ N.detik/m}^2$

Gardien Logam berat = 700-1000 detik

$$\text{Volume} = 0.5 \text{ m}^3$$

$$P = (G^2)(\pi)(V)$$

$$P = (800^2 \text{ detik}) (0,000890 \text{ N.detik/m}^2) (0.5 \text{ m}^3)$$

$$P = 284,8 \text{ Watt}$$

### 3) Impeller

Jenis Impeller = Turbine blade lurus

Kecepatan = 10-150 rpm

Diameter = 30%-50% dari lebar bak

Jadi

Lebar bak = 0.5 m atau 50 cm

Diameter Impeller yang digunakan = 50 cm  $\times$  50%

= 25 cm atau 0.25 m

### 3. Bak Flokulasi *baffled channel vertical*

Berdasarkan sumber Ratih Dwi Anggraeni 2014, didalam situs id.scribd (<https://id.scribd.com/document/21178249515-unit-koagulasi-flokulasi>) terdapat rumus hitungan untuk menghitung bak koagulasi sebagai berikut :

## 1) Volume bak flokulasi

$$V = Q \times td$$

Keterangan

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

$$Q = \text{Debit Aliran (m}^3\text{/det)}$$

$$td = \text{Waktu Tinggal}$$

$$\text{Debit Limbah} = 105 \text{ m}^3\text{/hari}$$

Waktu tinggal logam berat pengadukan lambat = 15 – 30 menit

$$G = 20\text{-}70 \text{ detik}$$

$$f = 0,3 \text{ (koefisien kekasaran)}$$

$$\text{Volume bak yang diperlukan} = Q \times td$$

$$= 105 \text{ m}^3\text{/hari} \times \frac{30}{1440}$$

$$= 2,18 \text{ m}^3$$

Ditetapkan dimensi bak

$$\text{Lebar} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Volume Aktual} = 2,2 \text{ m}^3$$

Pada suhu air 25°C, nilai  $\pi = 0,000890 \text{ N}\cdot\text{detik/m}^2$ , dan  $p = 997 \text{ kg/mg}$ 2) Jumlah *channel vertical*

Kompratemen 1

$$n = \left( \left( \frac{2 \pi \cdot t}{P(1,44+f)} \right) \left( \frac{L \cdot P \cdot G}{Q} \right)^2 \right)^{1/3}$$

$$= \left( \left( \frac{2 (0,89 \times 10^{-3} \times (30)(60))}{997(1,44+0,3)} \right) \left( \frac{(0,5)(2,2)(70)}{2,2} \right)^2 \right)^{1/3}$$

$n = 1,14$  dibulatkan 1 kanal

3) Jarak antar sekat

$$= 2.2 \text{ m} : 2 = 1,1\text{m}$$

4) Head loss pada bak flokulator

$$\begin{aligned} h &= \frac{\pi \cdot t}{p \cdot g} \times G^2 \\ &= \frac{(0,89 \times 10^{-3})(30)(60)}{997(9,81)} \times 70^2 \\ &= 0,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan :

$n$  = Jumlah Kanal

$\pi$  = Kekentalan Cairan (kg/m.detik)

$t$  = Waktu Flokulasi (Detik)

$p$  = Berat jenis air (kh/m<sup>3</sup>)

$f$  = Koefesien gesek sekat (0.3-0.5)

$W$  = Lebar bak (m)

$g$  = Konstanta Gravitasi (9,81 m/detik<sup>2</sup>)

$L$  = Lebar bak flokulator (m)

$G$  = Gardien Kecepatan (l/detik)

$Q$  = Debit Aliran (m<sup>3</sup>/hari)

#### 4. Bak Sedimentasi Awal (Pengolahan Fisika)

Contoh perhitungan yang bersumber dari buku Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan proses biofilter anaerob-aerob, tahun 2013, Pusat Teknologi Lingkungan:

$$\text{Debit limbah} = 105 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD masuk} = 300 \text{ mg/l}$$

Skenario Efisiensi = 25 %

Bod Keluar = 225 mg/l

Kriteria tinggal bak = 4 jam

$$1) \text{ Volume bak yang diperlukan} = \frac{4}{24} \times 105 \text{ m}^3/\text{hari} \\ = 17,5 \text{ m}^3$$

2) Ditetapkan dimensi bak

Lebar = 2 m

Panjang = 2,2 m

Tinggi = 4 m

Volume Aktual = 17,6 m<sup>3</sup>

Ruang Bebas = 0,5 m

3) Cek waktu tinggal (*Retention Time*) rata rata

$$\frac{17,6 \text{ m}^3}{105 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 4,02 \text{ jam}$$

4) Beban permukaan (Surce Lodin) rata rata

$$\frac{105 \text{ m}^3/\text{hari}}{P \times L} = \frac{105 \text{ m}^3/\text{hari}}{2,2 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = \frac{105 \text{ m}^3/\text{hari}}{6,6 \text{ m}^2} = 15,90 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$$

5) Standar JWVA

Beban Permukaan = 20-50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hari

5. Filter Karbon Aktif (Pengolahan Fisika)

Pada perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) laboratorium ini menggunakan filter karbon aktif yang bertujuan agar didapatkan hasil penyerapan zat kimia secara maksimal. Jenis karbon aktif yang digunakan harus memiliki tingkat kualitas yang baik agar dapat memberikan pengaruh yang baik pada proses pengolahan dan bebas dari zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan. Untuk

kapasitas karbon aktif disesuaikan dengan jenis tabung, ukuran tabung serta debit air. Untuk masa aktif karbon aktif disesuaikan dengan kualitas limbah cair yang diolah, pada umumnya karbon aktif diganti 3-6 bulan sekali.

Filter air Nazava dirancang untuk menghilangkan bakteri dalam air, selain itu, filter tersebut juga dapat pula menghilangkan beberapa jenis zat kimia yang terkandung dalam air seperti besi, mangan dan lainnya. Tabung Nazava filter air FRP. Tabung FRP atau tabung fiber terbuat dengan bahan fiber berserat yang menggunakan system car atau cetak berserat yang menggunakan system cor atau cetak pada pembuatannya sehingga tahan terhadap semburan air dari pompa sampai dengan 7 bar (tekanan). Sistem backwash dengan handle 3 way valve atau keran 3 sisi yang dimana memiliki 2 fungsi yaitu tempat masuknya air, tempat keluarnya air dan tempat pemeriksaan air yang menjadikan tabung ini praktis pada proses perawatan.

Tabung filter air FRP nasava tersedia dalam dua jenis. Pertama, tabung FRP berdiameter 8 inchi yang memiliki bobot 5 kg (dalam keadaan tabung kosong), tinggi 120 cm, dan mempunyai kecepatan saringan 500 liter/jam. Kedua, tabung FRP berdiameter 10 inchi yang memiliki bobot 7,5 kg (dalam keadaan tabung kosong), tinggi 154 cm, dan mempunyai kecepatan saringan 800 liter/jam. Tabung FRP dapat diisi dengan media pasir mangan, pasir silica, pasir zeolite, karbon aktif.

Beberapa media filter dari nasava seperti Filter Pasir Silika Nazava, yang dapat dapat digunakan untuk jenis sumber air yang keruh dan berbau ataupun mengakibatkan gatal. Filter Pasir Karbon Nazava yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah air sumur yang bau karena faktor  $H_2S$  yang tinggi dan air yang

kurang jernih. Filter ini juga bisa dipakai bersama Filter Pasir Silika Nazava untuk memurnikan air sehingga lebih bagus kualitasnya. Karbon aktif yang terdapat pada filter ini dapat menyerap bahan kimia berbahaya yang terdapat pada air. Filter Pasir Manganese Nazava juga bisa digunakan untuk sumber air yang berbau karat, air tampak kuning, berlapis minyak, mengakibatkan lapisan hitam di bak, dan air yang berbau seperti telur busuk.

Filter Nazava

Media filter yang digunakan = Karbon aktif

Tabung yang digunakan tabung FRP 10 inchi = 800 liter/jam

Masa Tinggal = 1 jam

Debit =  $105 \text{ m}^3/\text{hari}$

1) Volume = massa tinggal x debit

$$= \frac{1 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \times 105 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 4,375 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ liter}$$

Maka,

$$4,375 \text{ m}^3 = 4.375 \text{ dm}^3 = 4.375 \text{ Liter}$$

Jadi keperluan tabung

Kapasitas tabung filter 800 liter/jam

Diketahui kapasitas air limbah 4.375 liter/jam

Maka = Kapasitas air limbah : kapasitas tabung filter

$$= 4.375 \text{ liter/jam} : 800 \text{ liter/jam}$$

$$= 5,468 = 6 \text{ tabung}$$

Jika menggunakan 2 tahapan maka keperluan tabung yang digunakan adalah 12 tabung filter nasava 10 inchi.

#### 6. Bak Biofilter Anaerob (Pengolahan Biologi)

Contoh perhitungan yang bersumber dari buku Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan proses biofilter anaerob-aerob, tahun 2013, Pusat Teknologi Lingkungan:

$$\text{Debit limbah} = 105 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD masuk} = 225 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD keluar} = 75 \text{ mg/l}$$

$$\text{Standar efisiensi} = \frac{(225 \text{ mg/l} - 75 \text{ mg/l})}{225 \text{ mg/l}} \times 100\%$$

$$= 66,7 \%$$

$$\text{Sisa BOD} = 75 \text{ mg/l}$$

#### Kriteria Perencanaan

Untuk pengolahan air limbah dengan proses biofilter standar beban BOD per volume benda adalah 0,4 – 4,7 BOD/m<sup>3</sup> hari

Jika BOD = 0,75 kg BOD/m<sup>3</sup> hari

$$\text{Beban BOD dalam air limbah} = 105 \text{ m}^3/\text{hari} \times 225 \text{ g/m}^3$$

$$= 23.625 \text{ g/hari}$$

$$= 23,625 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Volume media yang diperlukan} = \frac{23,625 \text{ kg/hari}}{0,75 \text{ kg/m}^3 \text{ hari}} = 31,5 \text{ kg/m}^3 \text{ hari}$$

Volume media 50% dari total volume reaktor

$$\text{Volume reaktor yang diperlukan} = 2 \times 31,5 = 63 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu tinggal didalam reaktor Anaerob} = \frac{63 \text{ m}^3}{105 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 17,28$$

HRT didalam reaktor ditetapkan = 17,28 jam

Ditetapkan dimensi bak anaerob

Panjang = 5,25 m

Lebar = 3 m

Tinggi = 4 m

Volume aktual = 63 m<sup>3</sup>

Ruang bebas = 0,5 m

Ditetapkan dimensi bak volume media

Volume media 50% dari total volume reaktor

Volume reaktor = 63 m<sup>3</sup>

Jadi 50% × 63 m<sup>3</sup> = 31,5 m<sup>3</sup>

Tinggi ruang lumpur = 0,5 m

Tinggi air di atas bed media = 30 cm

Panjang = 8,75 m

Tinggi media pembiakan mikroba = 1,2 m

Lebar = 3 m

Volume aktual = 31,5 m<sup>3</sup>

#### 7. Bak Biofilter Aerob (Pengolahan Biologi)

Contoh perhitungan yang bersumber dari buku Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan proses biofilter anaerob-aerob, tahun 2013, Pusat Teknologi Lingkungan:

Debit limbah = 105 m<sup>3</sup>/hari

BOD masuk = 75 mg/l

BOD keluar = 30 mg/l

$$\begin{aligned}\text{Standar efisiensi} &= \frac{(75 \text{ mg/l} - 30 \text{ mg/l})}{75 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= 53,3 \%\end{aligned}$$

$$\text{Sisa BOD} = 35 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban BOD dalam air limbah} &= 105 \text{ m}^3/\text{hari} \times 75 \text{ g/m}^3 \\ &= 7.875 \text{ g/hari} \\ &= 7,875 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban BOD yang dihilangkan} &= 0,6 \times 7,875 \text{ kg/hari} \\ &= 4,725 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\text{Beban BOD pervolume media} = 0,5 \text{ kg/m}^3 \text{ hari}$$

(berdasarkan hasil percobaan BPPT)

$$\text{Volume media yang diperlukan} = \frac{7,875 \text{ kg/hari}}{0,5 \text{ kg/m}^3 \text{ hari}} = 15,75 \text{ kg/m}^3 \text{ hari}$$

$$\text{Volume media} = 0,4 \times \text{volume reaktor}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume reaktor biofilter Aerob yang diperlukan} &= \frac{10}{4} \times 15,75 \text{ kg/m}^3 \text{ hari} \\ &= 39,375 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tinggal didalam reaktor aerob} &= \frac{39,375}{105} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 9 \text{ jam}\end{aligned}$$

Reaksi dibagi menjadi dua ruangan

- 1) Ruang Aerasi
- 2) Ruang Biofilter

Ditetapkan dimensi bak

- 1) Dimensi ruang aerasi reaktor biofilter aerob

$$36\% \times 39,375 = 14,175 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Ruang Bebas} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume Aktual} = 14,4 \text{ m}^3$$

2) Dimensi ruang reaktor biofilter aerob

$$64\% \times 39.375 = 25,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang} = 2,1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Ruang Bebas} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume Aaktual} = 25,2 \text{ m}^3$$

Chek :

$$\begin{aligned} \text{Waktu Tinggal Di dalam Reaktor Aerob} &= \frac{39,375 \text{ m}^3}{105 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 9 \text{ jam.} \end{aligned}$$

Waktu tinggal di dalam biofilter aerobik rata-rata = 9 jam

$$\text{Tinggi ruang lumpur} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Bed media pembiakan mikroba} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi air di atas bed media} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang} = 8,75 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Volume aktual} = 1,2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 31,5 \text{ m}^3$$

Chek :

$$\begin{aligned} \text{BOD Loading per volume media} &= \frac{4,725}{31,5 \text{ m}^3} \\ &= 0,15 \text{ Kg BOD/m}^3 \text{ hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan Oksigen :

Kebutuhan oksigen di dalam reaktor biofilter aerob sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan.

Jadi : Kebutuhan teoritis = Jumlah BOD yang dihilangkan = 9 kg/hari.

Faktor keamanan ditetapkan  $\pm 1,5 \rightarrow$

Kebutuhan Oksigen Teoritis =  $1,5 \times 9 \text{ kg/hari} = 13,5 \text{ kg/hari}$ .

Temperatur udara rata-rata =  $28^\circ \text{C}$

Berat udara pada suhu  $28^\circ \text{C} = 1,1725 \text{ kg/m}^3$

Di asumsikan jumlah oksigen didalam udara 23,2 %.  $\rightarrow$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kebutuhan udara teoritis} &= \frac{13,5 \text{ kg/hari}}{1,1725 \text{ kg/m}^3 \times 0,232 \text{ } gO_2 \text{ Udara}} \\ &= 49,37 \text{ m}^3/\text{hari}. \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi Difuser} = 2,5\% \text{ (Gelembung kasar)}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara aktual} &= \frac{49,37 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,025} = 1.974,8 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 82,28 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,37 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Blower Udara Yang Diperlukan :

Spesifikasi Blower :

$$\text{Kapasitas Blower} = 2 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$\text{Head} = 2.800 \text{ mm-aqua}$$

$$\text{Jumlah} = 2 \text{ Unit}$$

Spesifikasi Blower Yang Digunakan :

$$\text{Tipe} = \text{Root Blower}$$

$$\text{Merek} = \text{Shofu Tipe}$$

$$\text{Kapasitas} = 2 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Bahan =  
 Diameter = 2 Inch  
 Jumlah = 2 Unit (Operasi Bergantian)

Difuser :

Total Transfer Udara = 2 m<sup>3</sup>/menit

Difuser udara menggunakan diffuser tipe *Fine Bubble Diffuser* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Spesifikasi Diffuser :

Size = 250 mm

Connection Diameter = ¾-1 inchi

Flow rate = 60-80 liter/menit (Tipikal = 70 Liter/Menit)

Material = Plastik *single* membran

Jumlah diffuser yang diperlukan =  $\frac{1.500 \text{ liter/menit}}{70 \text{ liter/menit/buah}} = 21,42$  buah

Ditetapkan : Untuk mengantisipasi kenaikan beban air limbah yang berlebihan maka dibulatkan menjadi 22 buah karena jumlah diffuser berjumlah genap, di dalam bak biofilter anaerob yang ke dua dilengkapi juga dengan diffuser dengan jumlah diffuser 22 buah. Jadi total diffuser yang digunakan adalah 44 buah.

#### 8. Bak Sedimentasi Akhir (Pengolahan Fisika)

Contoh perhitungan yang bersumber dari buku Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan proses biofilter anaerob-aerob, tahun 2013, Pusat Teknologi Lingkungan:

Debit limbah = 105 m<sup>3</sup>/hari

BOD masuk = 35 mg/l

Skenario Efisiensi = 25%

Sisa BOD = 26 mg/l (Memenuhi standar baku mutu air limbah

PERMEN-LH No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah)

Waktu tinggal = 4 jam

$$\begin{aligned}\text{Volume bak yang diperlukan} &= \frac{4}{24} \times 105 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 17,5 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Ditetapkan dimensi bak

Lebar = 2 m

Panjang = 2,2 m

Tinggi = 4 m

Volume Aktual = 17,6 m<sup>3</sup>

Ruang Bebas = 0,5 m

Cek waktu tinggal (Retention Time) rata rata

$$\frac{17,5 \text{ m}^3}{105 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 4 \text{ jam}$$

Beban permukaan (Surce Lodin) rata rata

$$\frac{105 \text{ m}^3}{P \times L} = \frac{105 \text{ m}^3}{2,2 \times 3} = \frac{105 \text{ m}^3}{6,6} = 15,90 \text{ m}^3$$

Standar JWVA : Beban permukaan = 20 – 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari. (JWVA)

## 9. Bak Penampung Akhir

Contoh perhitungan yang bersumber dari buku Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan proses biofilter anaerob-aerob, tahun 2013, Pusat Teknologi Lingkungan:

Debit limbah = 105 m<sup>3</sup>/hari

Waktu tinggal = 4 jam

$$\text{Volume bak yang diperlukan} = \frac{4}{24} \times 105 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 17,5 \text{ m}^3$$

Ditetapkan dimensi bak

Lebar = 2 m

Panjang = 2,2 m

Tinggi = 4 m

Volume Aktual = 17,6 m<sup>3</sup>

Ruang Bebas = 0,5 m

Cek waktu tinggal (*Retention Time*) rata rata

$$\frac{17,5 \text{ m}^3}{105 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 4 \text{ jam}$$

Beban permukaan (*Surce Lodin*) rata rata

$$\frac{105 \text{ m}^3}{P \times L} = \frac{105 \text{ m}^3}{2,2 \times 3} = \frac{105 \text{ m}^3}{6,6} = 15,90 \text{ m}^3$$

Standar JWWA : Beban permukaan = 20 – 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari. (JWWA)

## 10. Kolam Ikan

Untuk volume perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Labortarium menyesuaikan dengan lahan yang tersedia. Jenis ikan pada kolam bak sebagai bioindikator ini menggunakan ikan mas. Ikan mas (*Cyprinus carpio*) merupakan salah satu ikan air tawar yang mempunyai nilai ekonomis penting, sehingga ikan ini banyak dibudidayakan. Selain dipelihara dalam kolam-kolam tertentu, ikan mas sering dipelihara di sawah bersama-sama dengan tanaman padi. Ikan mas dipilih sebagai biota uji karena memiliki kriteria sebagai bioindikator, yaitu: tersedia dalam ukuran dan jumlah yang bervariasi, serta dapat hidup sepanjang tahun, mudah didapatkan dan harganya murah, mudah

dikembangbiakkan dalam skala laboratorium, berukuran relatif kecil, memiliki sensitivitas oksigen terlarut yang tinggi, dan retan terhadap perubahan lingkungan, (Mahera Liza, 2019:4).

#### 11. Media pembiakan mikroba

Spesifikasi Media biofilter yang digunakan sebagai berikut dan dapat dilihat pada Gambar 2.10 :

Material = PVC sheet

Ukuran Modul = 25 cm x 30 cm x 30 cm

Ketebalan = 0,15 – 0,23 mm

Luas Kontak Spesifik = 200 – 226 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

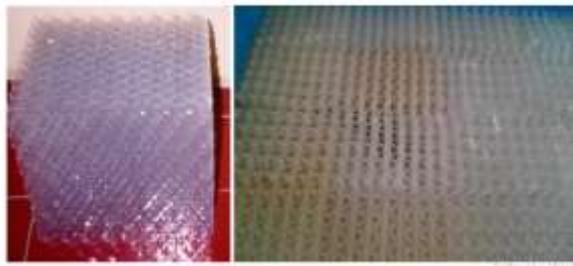
Diameter lubang= 2 cm x 2 cm

Warna = Hitam atau bening transparan.

Berat Spesifik = 30 -35 kg/m<sup>3</sup>

Porositas Rongga = 0,98

Jumlah total media yang dibutuhkan = 57,6 m<sup>3</sup> + 28,8 m<sup>3</sup> = 86,4 m<sup>3</sup>



**Gambar 2.10** Media Biofilter Tipe Sarang Tawon

#### 12. Pompa Air Limbah Ke Tabung Filter

Spesifikasi jenis pompa yang digunakan untuk memompa ke tabung filter sebagai berikut :

Debit air limbah = 105 m<sup>3</sup>/hari = 72,91 liter/menit.

Tipe pompa yang digunakan = Pompa celup

Spesifikasi Pompa :

Kapasitas = 220 – 250 liter/menit

Total Head = 8,5 m

Output listrik = 750 watt, 220 volt

Bahan = Stainless Steel

Spesifikasi Pompa Air Limbah :

Tipe = Pompa celup/submersible

Merek = HCP Model F-05AF

Kapasitas = 0,1 -0,22 m<sup>3</sup>/menit

Bahan = Polimer atau *Stainless steel* Total

Head = 8 – 11,5 m

Listrik = 0,5 KW, 220 V

Diamter Outlet = 2 Inch

Jumlah = 2 unit

### 13. Pompa Dosing

Spesifikasi jenis pompa dosing yang untuk memopa bahan koagulan untuk pengolahan di bak koagulasi sebagai berikut :

Tipe pompa yang digunakan = Pompa dosing (pompa dosis kimia)

Spesifikasi Pompa :

Tipe Pompa = Qilee mb0330

Kapasitas = 330 liter/menit

Debit = 4900 liter/jam

Maksimal suhu cairan = 45°C

Bahan	= PTFE; PP; PVC; PVDF; 316SS
Listrik	= 220 V – 50 Hz, 1 Phase
Jumlah	= 1 unit

Berbagai jenis bahan cair dari kepala pompa konfigurasi seperti, viskositas tinggi, pulp, asam sulfat pekat, sodium hipokorit, dan lainnya.

## **I. Dampak Buruk Air Limbah**

Air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak buruk bagi makhluk hidup dan lingkungannya. Beberapa dampak buruk tersebut adalah sebagai berikut :

### **1. Gangguan Kesehatan**

Air limbah dapat mengandung bibit penyakit yang dapat menimbulkan penyakit bawaan air (*waterborne disease*). Selain itu di dalam air limbah mungkin juga terdapat zat-zat berbahaya dan beracun yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi makhluk hidup yang mengkonsumsinya.

Adakalanya, air limbah yang tidak dikelola dengan baik juga dapat menjadi sarang vektor penyakit (nyamuk, lalat, kecoa, dan lain-lain).

### **2. Penurunan Kualitas Lingkungan**

Air limbah yang dibuang langsung ke air permukaan dapat mengakibatkan pencemaran air permukaan tersebut. Sebagai contoh, bahan organik yang terdapat dalam air limbah bila dibuang langsung ke sungai dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) di dalam sungai tersebut.

Adakalanya, air limbah juga dapat merembes ke dalam air tanah, sehingga menyebabkan pencemaran air tanah. Bila air tanah tercemar, maka kualitasnya akan menurun sehingga tidak dapat lagi digunakan sesuai peruntukannya.

### 3. Gangguan Terhadap Keindahan

Adakalanya air limbah mengandung polutan yang tidak mengganggu kesehatan dan ekosistem, tetapi mengganggu keindahan. Contoh yang sederhana adalah air limbah yang mengandung pigmen warna.

Kadang-kadang air limbah dapat juga mengandung bahan-bahan yang bila terurai menghasilkan gas-gas yang berbau.

### 4. Gangguan Terhadap Kerusakan Benda

Apabila air limbah mengandung gas karbondioksida yang agresif, maka mau tidak mau akan mempercepat proses terjadinya karat pada benda yang terbuat dari besi serta bangunan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya benda tersebut maka biaya pemeliharaannya akan semakin besar juga, yang berarti akan menimbulkan kerugian material. Selain karbondioksida agresif, maka tidak kalah pentingnya apabila air limbah itu adalah air limbah yang berkadar pH rendah atau bersifat asam maupun pH tinggi yang bersifat basa. Melalui pH yang rendah maupun pH yang tinggi akan mengakibatkan timbulnya kerusakan pada benda-benda yang dilaluinya.

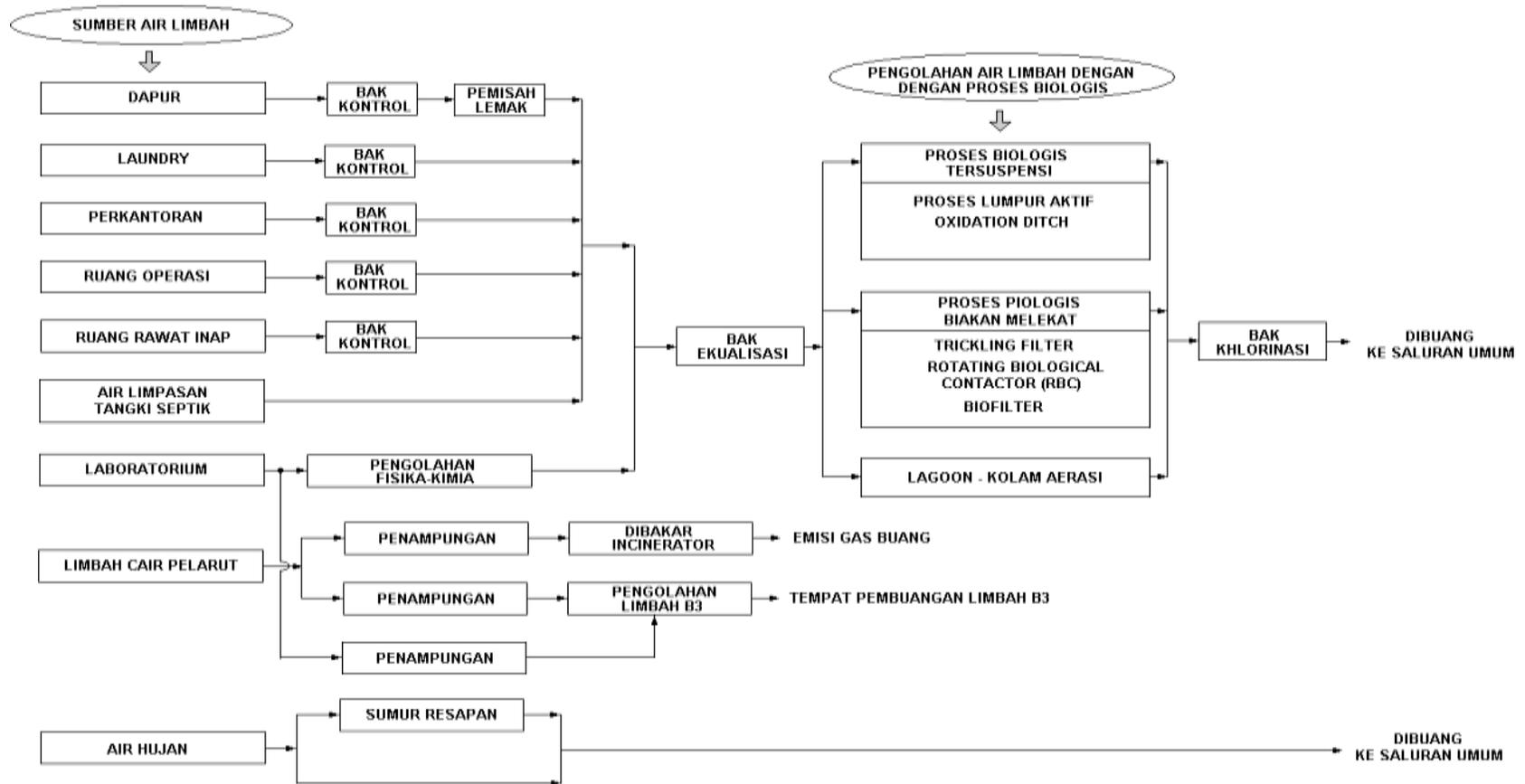
Lemak yang merupakan sebagian komponen air limbah mempunyai sifat yang menggumpal pada suhu udara normal, dan akan berubah menjadi cair apabila berada pada suhu yang lebih panas. Lemak yang berupa benda cair pada saat dibuang ke saluran air limbah akan menumpuk secara kumulatif pada saluran

air limbah karena mengalami pendinginan dan lemak ini akan menempel pada dinding saluran air limbah yang pada akhirnya akan menyumbat aliran air limbah.

#### 5. Gangguan Terhadap Kehidupan Biotik

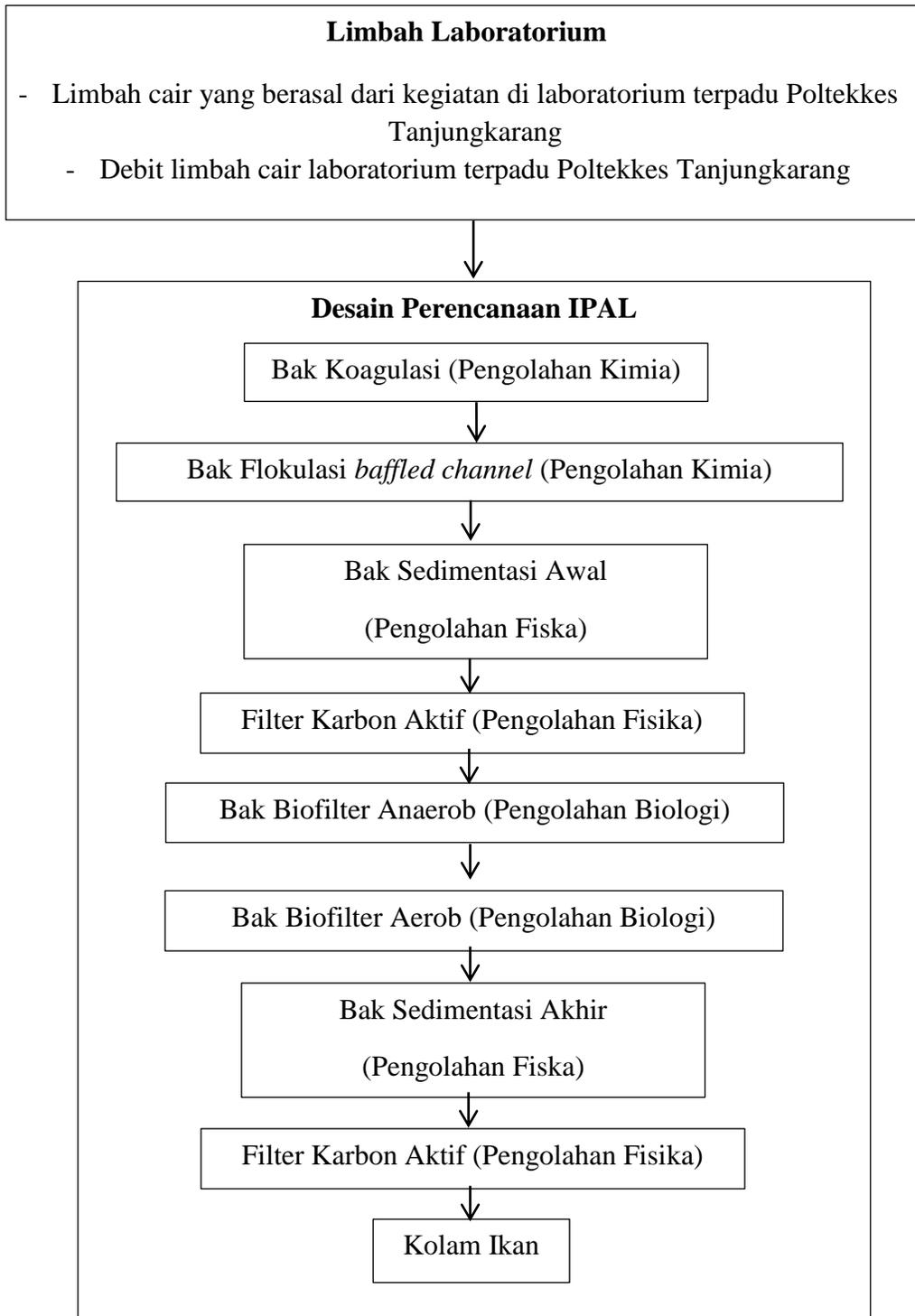
Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah. Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dalam hal ini akan mengurangi perkembangannya. Selain kematian kehidupan di dalam air disebabkan karena kurangnya oksigen di dalam air dapat juga disebabkan karena adanya zat beracun yang berada di dalam air limbah tersebut.

## J. Krangka Teori



Sumber : DIKJEN BINA Upaya Kesehatan KEMENKES RI, Seri Sanitasi Pedoman Teknis Ipal dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan, 2011.

Gambar 2.11 Krangka Teori

**K. Krangka Konsep****Gambar 2.12** Krangka Konsep

## L. Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Debit Limbah Cair Laboratorium.	Jumlah limbah cair laboratorium dalam satuan waktu yang dihasilkan untuk diolah di dalam perhitungan perencanaan IPAL Laboratorium	Jumlah debit = Jumlah orang perhari yang mengikuti kegiatan laboratorium x pemakaian air rata-rata perorang	Rumus	l/detik	Interval
2.	Desain Perencanaan IPAL Laboratorium.	Desain bangunan IPAL laboratorium terpadu Poltekkes Tanjungkarang sesuai dengan lahan yang tersedia di sekitar Laboratorium Terpadu Poltekkes Tanjungkarang	Perhitungan	Meteran, dan Rumus.	Perhitungan desain IPAL Laboratorium dan Gambar.	Interval
3.	Bak Koagulasi	Bak koagulasi merupakan suatu bangunan tempat terjadinya proses pengendapan partikel yang tersuspensi dari limbah cair hasil kegiatan laboratorium dengan menggunakan bahan kimia dengan pengadukan cepat 20-60 detik dan bisa juga 2-5 menit dan pengadukan dibantu dengan menggunakan mixer.	Perhitungan	Rumus	Volume, Panjang, Lebar dan Tinggi bak koagulasi, dan Gambar bak koagulasi.	Interval
4.	Bak Flokulasi	Bak flokulasi merupakan suatu bangunan tempat mengalirnya air limbah dari bak koagulasi, yang berfungsi tempat terjadinya proses pengadukan lambat yang memiliki sekat, untuk membentuk flok-flok yang lebih besar, dengan pengadukan lambat 10-60 menit, sebelum dilak	Perhitungan	Rumus	Volume, Panjang, Lebar dan Tinggi Bak Flokulasi, dan Gambar Bak Flokulasi.	Interval

5.	Bak Sedimentasi Awal	Bak sedimentasi awal merupakan suatu bangunan tempat aliran pengolahan air limbah setelah bak flokulasi yang merupakan suatu bangunan tempat terjadinya proses pemisahan partikel yang tersuspensi di air. Partikel yang tersuspensi di air memiliki massa jenis yang lebih besar dari air, yang dipengaruhi gaya gravitasi berdasarkan perbedaan partikel yang tersuspensi dengan larutannya	Perhitungan	Rumus	Volume, Panjang, Lebar dan Tinggi Bak Sedimentasi Awal, dan Gambar Bak Flokulasi.	Interval
6.	Filter Karbon Aktif	Filter karbon aktif merupakan suatu tabung yang berfungsi sebagai tempat penyaringan setelah proses pada bak sedimentasi awal yang berisi karbon aktif di dalamnya berfungsi sebagai menyerap bahan kimia berbahaya yang terdapat pada air limbah.	Perhitungan	Rumus	Jenis filter dan tipe filter yang digunakan.	Interval
7.	Bak Biofilter Anaerob	Bak anaerob merupakan suatu bangunan bak setelah pengolahan filter karbon aktif, yang mana didalamnya terdapat media sarang tawon. Bak ini berfungsi sebagai proses penguraian air limbah secara anaerob (tanpa oksigen) oleh bakteri. Dimana dalam pengolahan di bak ini akan menghasilkan gas metana, amoniak, dan gas H <sub>2</sub> S yang menyebabkan bau busuk..	Perhitungan	Rumus	Volume, Panjang, Lebar dan Tinggi Bak Biofilter Anaerob, dan Gambar Bak Biofilter Anaerob.	Interval

8.	Bak Biofilter Aerob	Bak aerob merupakan suatu bangunan bak yang terdapat dua ruang yaitu ruang aerasi dan juga ruang media filter. Bak yang dibangun setelah bak biofilter anaerob. Yang berfungsi sebagai penguraian zat organik air limbah serta mempercepat proses nitrifikasi, yang dapat menghilangkan amoniak.	Perhitungan	Rumus	Volume, Panjang, Lebar dan Tinggi Bak Biofilter Aerob, dan Gambar Bak Biofilter Aerob.	Interval
9.	Bak Sedimentasi Akhir	Bak sedimentasi akhir merupakan suatu bangunan bak setelah proses bak biofilter aerob yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pengendapan akhir pemisahan partikel yang tersuspensi di air yang dipengaruhi gaya gravitasi berdasarkan perbedaan partikel yang tersuspensi dengan larutannya	Perhitungan	Rumus	Volume, Panjang, Lebar dan Tinggi Bak Sedimentasi Akhir, dan Gambar Bak Sedimentasi Akhir.	Interval
10.	Kolam Ikan	Kolam ikan merupakan suatu bangunan bak yang dibangun setelah proses pengolahan tabung filter karbon aktif yang berfungsi sebagai bioindikator untuk mengetahui apakah air limbah yang sudah diolah layak untuk dibuang ke badan air. Pada penelitian ini direncanakan menggunakan jenis ikan mas dikarenakan memiliki sensitivitas oksigen terlarut yang tinggi, dan retan terhadap perubahan lingkungan.	Perhitungan	Rumus	Volume, Panjang, Lebar dan Tinggi bak kolam ikan, dan Gambar bak kolam ikan.	Interval

