

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi atau kegiatan industri obat-obatan maupun domestik (rumah tangga, yang lebih dikenal sebagai sampah), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia organik dan anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah (Soeparman dan Soeparmin, 2002).

Air limbah atau buangan dapat didefinisikan sebagai "Air yang berasal dari penyediaan air bersih sesudah dicemari oleh berbagai macam penggunaannya" (Tchobanoglaus, 1982). Sedangkan menurut definisi lainnya:

*"Air limbah merupakan kombinasi cairan dan sampah cair yang berasal dari pemukiman, perkantoran, dan industri-industri yang kadang-kadang hadir bersama air tanah, air permukaan dan air hujan."*  
(Metcalf and Eddy, 1991).

Sugiharto (1987), menyatakan bahwa "air limbah adalah kotoran masyarakat, rumah tangga, industri, air tanah, air permukaan dan air buangan lain."

Pengertian limbah menurut Environment Protection Agency (1977), "*Wastewater is water carrying dissolved or suspended solids from homes, farms, bussiness, and industries*". Artinya air limbah adalah bahan buangan yang membawa bahan-bahan tersuspensi dan terlarut, dari rumah tangga, pertanian, perdagangan dan industri.

Dari definisi di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa air limbah adalah segala air kotor dan air buangan yang berasal dari hasil kegiatan atau aktifitas manusia sehari-hari baik dalam industri, rumah tangga, pertanian, perdagangan, serta kegiatan manusia lainnya yang mengandung berbagai zat yang bersifat membahayakan kesehatan manusia atau hewan serta tumbuh-tumbuhan.

## 2.2. Limbah Industri

Industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, bahan setengah jadi, dan atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi. Limbah industri adalah produk sampingan dan suatu kegiatan atau proses industri yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki bagi lingkungan, baik yang masih memiliki nilai ekonomis maupun tidak. Limbah industri dapat didefinisikan sebagai material atau energi yang tidak berguna lagi dalam proses atau teknologi yang dipilih. Limbah industri sangat beraneka ragam, tergantung dari jenis industrinya. Limbah industri dapat berupa gas, padatan dan cair. Besar kecilnya pencemaran yang disebabkan oleh limbah industri bergantung pada jenis dan banyaknya limbah yang dibuang ke lingkungan (Muhardi, 1990).

Limbah industri merupakan hasil buangan kegiatan industri yang berasal dari proses produksi. Unsur karakteristiknya dipengaruhi oleh jenis industri, namun secara umum limbah industri memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Mempunyai kandungan organik yang tidak bersifat *biodegradable* kecuali industri pertanian karena industri pertanian sebagian besar tidak memiliki zat atau senyawa kimia yang bersifat toksik dalam penggunaan proses produksinya.
2. Bahan terapung seperti, minyak, lemak, busa dan sebagainya.

3. Menggunakan bahan tersuspensi yaitu jika berbentuk bahan organik maka akan dikomposisi oleh oksigen didalam proses lumpur aktif terlarut sehingga menimbulkan gas dan bau.
4. Mengandung kotoran terlarut berupa asam, basa, logam berat, dan insektisida yang dapat mempengaruhi air hingga kurang layak untuk diminum.
5. Mengandung logam berat, berwarna, berbau, padatan, karbohidrat, protein, alkalinitas, phenol, Ni, pH, P, S, bahan berbahaya dan beracun (B3).

### **2.3. Limbah Cair**

Menurut Metcalf dan Eddy (1990) limbah cair adalah kombinasi antara cairan dan air yang membawa sisa-sisa dari permukaan, bangunan komersil, perkantoran dan industri-industri yang mengalir bersama-sama dengan air hujan atau air permukaan yang mungkin ada. Adapun pengertian limbah cair secara umum yaitu cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya dan biasanya mengandung bahan-bahan yang membahayakan kehidupan maupun kelestarian lingkungan hidup.

#### **2.3.1. Jenis dan Karakteristik Limbah Cair**

##### **1) Jenis Limbah Cair**

Beberapa contoh jenis limbah cair (Soeparman dan Soeparmin, 2002) antara lain limbah cair industri, limbah pemukiman, limbah perkantoran, limbah pertambangan, dan lain-lain

## 2) Karakteristik Limbah Cair

### a) Sifat Fisik

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Namun sifat fisik yang penting adalah warna, bau, adanya endapan atau zat tersuspensi dari lumpur limbah dan temperatur (Sakti, 2005).

### b) Sifat Kimia

Kandungan bahan kimia yang terkandung dalam air limbah pada umumnya dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Adapun bahan kimia yang penting dalam air limbah pada umumnya adalah bahan organik, protein, karbohidrat, lemak dan minyak, deterjen, fenol, bahan anorganik, pH, klorida, basa, sulfur, zat beracun, logam berat (Ni, Zn, Mg, Cd, Pb, Cu, Fe, Hg), metana, nitrogen, fosfor dan gas ( $O_2$ ). Bahan-bahan organik yang terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak enak bahkan akan berbahaya jika bahan tersebut merupakan bahan berbahaya (Sakti, 2005).

### c) Sifat Biologis

Pemeriksaan biologis di dalam air dan air limbah bertujuan untuk memisahkan apakah terdapat bakteri-bakteri patogen di dalam air limbah. Keterangan biologis ini diperlukan untuk mengukur kualitas air terutama bagian air yang digunakan sebagai air minum serta untuk keperluan

kolam renang. Karakteristik biologis terdiri dari mikroorganisme yang terdapat di dalam air limbah seperti bakteri, virus, jamur, ganggang, *protozoa*, *rotifera* (hewan bertulang belakang) dan *crustacea* (kerang-kerangan) (Sakti, 2005).

### 2.3.2. Kandungan Limbah Cair dan Baku Mutu Limbah Cair

Komposisi limbah cair sebagian besar terdiri dari air sedangkan sisanya terdiri dari partikel-partikel padat terlarut (*dissolved solid*) dan partikel padat tidak terlarut (*suspended solid*) atau jumlah berat kering lumpur yang ada di dalam air limbah. Partikel-partikel padat terdiri dari zat organik dan zat anorganik. Zat organik terdiri dari protein, karbohidrat, dan lemak. Zat organik sebagian besar sudah terurai yang merupakan sumber makanan dan media yang baik bagi bakteri dan mikroorganisme lain. Sedangkan zat anorganik terdiri dari grit, garam-garam dan logam berat, zat ini merupakan bahan pencemar utama bagi lingkungan (Udin Jabu, 2001).

Baku Mutu merupakan suatu legal aspek yang ditetapkan oleh pemerintah berupa batas maksimum kandungan parameter dari suatu media lingkungan. Menurut Keputusan No.51/MENLH/10/1995 menyatakan tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Farmasi adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Farmasi

Parameter	Kadar Maksimum(mg/L)	Beban Penc. Max (gram/m <sup>2</sup> )
BOD5	100	75
COD	300	150
TSS	100	75
Total-N	30	-
Fenol	1,0	-
pH	6 – 9	6 – 9

\*ket : Keputusan No.51/MENLH/10/1995

### 2.3.3. Pengelolaan Limbah Cair

Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat setempat. Jadi teknologi pengolahan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan teknologi masyarakat yang bersangkutan. Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini.

Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan (BPPTL, 2002) yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, pengolahan secara biologis.

Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

### 2.3.3.1. Pengolahan Secara Fisik

Pada umumnya, terdapat beberapa proses secara fisika (BPPTL, 2002):

- Screening, yang bertujuan untuk menyaring atau menghilangkan sampah atau benda padat yang besar agar proses berikutnya dapat lebih mudah ditanganinya.
- Aerasi, bertujuan untuk mengontakkan semaksimal mungkin permukaan cairan dengan oksigen atau atmosfer. Agar transfer sesuatu zat atau komponen dari satu medium ke medium yang lain berlangsung secara efisien, maka yang terpenting adalah terjadinya turbulensi antara cairan dengan udara, sehingga tidak terjadi interface yang stagnan atau diam antara cairan dan udara yang dapat menyebabkan laju perpindahan berhenti.
- Mixing, bertujuan untuk menjaga konsentrasi atau temperatur agar merata. Umumnya digunakan pada pencampuran bahan koagulan dengan air dan pada penambahan khlor untuk disinfeksi yang digunakan untuk pencampuran secara terus menerus.
- Flokulasi, bertujuan untuk proses penggabungan partikel-partikel kecil menjadi partikel yang besar dengan memanfaatkan tenaga hidrolis.
- Sedimentasi, bertujuan untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Proses ini untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya.

- Filtrasi, untuk memisahkan padatan tersuspensi dari dalam air yang diolah. Pada penerapannya filtrasi digunakan untuk menghilangkan sisa padatan yang tidak terendapkan pada proses sedimentasi. Pada pengolahan air buangan filtrasi dilakukan setelah pengolahan kimia-fisika atau pengolahan biologi.
- Adsorpsi, adalah penumpukkan materi pada interface antara dua fase. Pada umumnya zat terlarut terkumpul pada interface, biasanya menggunakan karbon aktif karena harganya yang murah dan mudah dalam penggunaannya.
- Gas Stripping, digunakan terbatas hanya pada pengolahan air limbah. Zat-zat yang umum dilakukan stripping ini adalah amonia, hidrogen sulfida, sulfur dioxide dan phenol. Pada proses stripping, air dialirkan ke bawah melalui media ring atau pada permukaan yang beralur.
- Flotasi, kebalikan dari proses pengendapan, flotasi adalah proses pemisahan padatan-cairan atau cairan-cairan yang dalam hal ini partikel atau cairan yang dipisahkan mempunyai berat jenis yang lebih kecil daripada cairan.
- Pengeringan atau pengolahan lumpur, digunakan setelah dari proses sedimentasi agar diolah secara lebih lanjut untuk mengurangi sebanyak mungkin air yang masih terkandung didalamnya. Ada empat cara proses pengurangan kadar air, yaitu secara alamiah dengan tekanan pengepresan, dengan gaya sentrifugal dan dengan pemanasan.

Sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter disain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap.

Proses *flotasi* banyak digunakan untuk menyisihkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. *Flotasi* juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*).

Proses filtrasi di dalam pengolahan air buangan, biasanya dilakukan untuk mendahului proses *adsorpsi* atau proses *reverse osmosis*-nya, akan dilaksanakan untuk menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses *adsorpsi* atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses *osmosa*.

Proses *adsorpsi*, biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik (misalnya: fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut.

Teknologi membran (*reverse osmosis*) biasanya diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan kecil, terutama jika pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah. Biaya instalasi dan operasinya sangat mahal (Siregar, 2005).

### 2.3.3.2. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (*koloid*), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun, dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (*flokulasi-koagulasi*), baik dengan atau tanpa reaksi *oksidasi-reduksi*, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi *oksidasi*.

Pada proses kimiawi terdapat beberapa macam proses, diantaranya adalah sebagai berikut (BPPTL, 2002):

- Disinfeksi, bertujuan untuk proses penghancuran organisme penyebab penyakit, sementara itu sterilisasi adalah istilah untuk proses total penghancuran semua organisme. Pada umumnya terjadi penghancuran virus, bakteri dan protozoa yang terdapat dalam air. Beberapa metode yang digunakan dalam disinfeksi yaitu:
  1. Penambahan zat kimia,
  2. Penggunaan materi fisik, seperti panas dan cahaya,
  3. penggunaan mekanik,
  4. penggunaan elektromagnetik, akustik dan radiasi.
- Khlorinasi, digunakan untuk zat pengoksidasi untuk air limbah terutama domestik. Pada umumnya zat

khlor dimasukkan ke dalam air dalam bentuk gas  $\text{Cl}_2$  karena penanganannya yang lebih mudah.

- Ozonisasi, yaitu suatu bentuk allotropik oksigen yang diproduksi dengan cara melewatkan oksigen kering atau udara dalam suatu medan listrik. Ozon bersifat tidak stabil, merupakan gas berwarna biru yang sangat toksik. Ozon adalah oksidator yang kuat dan cukup efisien untuk disinfeksi karena tidak memberikan residu (sisa) pada air limbah.
- Radiasi Ultraviolet, dengan cara menembakkan gelombang dengan panjang sekitar 254 nm. Disebut paling efektif karena penting sekali untuk mencapai kekeruhan serendah-rendahnya agar adsorpsi Ultra Violet dan senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam aliran dapat berlangsung merata.
- Presipitasi, adalah pemisahan zat anorganik terlarut tertentu dapat dilakukan dengan penambahan suatu reagen yang sesuai untuk merubah anorganik terlarut menjadi presipitat/ endapan, sehingga dapat dipisahkan dengan cara pengendapan atau sedimentasi. Beberapa faktor yang mempengaruhi adalah pH dan temperatur.
- Koagulasi, adalah pencampuran zat koagulan berdasarkan pertimbangan antara lain jumlah dan kualitas air yang akan diolah, kekeruhan air baku, metode filtrasi serta sistem pembuangan lumpur endapan.
- Oksidasi kimia, seperti oksigen, khlorine, permanganat, ozon dan hidrogen peroksida digunakan

sebagai zat pengoksidasi pada proses pengolahan air limbah.

Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan membubuhkan elektrolit yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan *koloidnya* agar terjadi netralisasi muatan *koloid* tersebut, sehingga akhirnya dapat diendapkan. Penyisihan logam berat dan senyawa fosfor dilakukan dengan membubuhkan larutan alkali (air kapur misalnya) sehingga terbentuk endapan *hidroksida* logam-logam tersebut atau endapan *hidroksiapatit*. Endapan logam tersebut akan lebih stabil jika pH air > 10,5 dan untuk *hidroksiapatit* pada pH > 9,5. Khusus untuk krom heksavalen, sebelum diendapkan sebagai krom hidroksida [Cr(OH)<sub>3</sub>], terlebih dahulu direduksi menjadi krom trivalent dengan membubuhkan *reduktor* (FeSO<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, atau Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Penyisihan bahan-bahan organik beracun seperti fenol dan sianida pada konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan mengoksidasinya dengan klor (Cl<sub>2</sub>), kalsium permanganat, *aerasi*, ozon hidrogen peroksida (Siregar, 2005).

Pada dasarnya kita dapat memperoleh efisiensi tinggi dengan pengolahan secara kimia, akan tetapi biaya pengolahan menjadi mahal karena memerlukan bahan kimia. Sebagaimana diketahui bahwa zat-zat pengotor (*impurities*) dalam air ada yang berukuran besar hingga beberapa ratus micron, dan ada yang kecil hanya beberapa Angstroms. Pengambilan zat-zat pengotor yang besar-besar dikerjakan dengan proses sedimentasi, sedangkan partikel-partikel yang kecil secara sendiri-sendiri tidak terpengaruh oleh gaya gravitasi. Untuk mengatasi hal ini maka partikel-partikel yang kecil perlu digabung-gabungkan menjadi kumpulan partikel yang lebih besar. Proses pengumpulan (*aggregation*) ini disebut koagulasi. Kemudian karena kumpulan-kumpulan partikel tersebut telah menjadi lebih besar dan lebih berat maka ia bias dipengaruhi oleh

gaya gravitasi dalam proses sedimentasi. Menurut Feachem et al (1983), kadar bahan-bahan koloidal dalam air limbah domestic adalah 80% dari Chemical Oxygen Demand (COD) (Siregar, 2005).

**Koagulasi** adalah proses agregasi (penggabungan) dari partikel, termasuk destabilisasi partikel dan transport partikel. Transport partikel adalah suatu kegiatan yang menghasilkan kontak antar partikel dan hal ini disebut **flokulasi**. Destabilisasi partikel adalah kegiatan yang menyebabkan partikel saling bergabung (Siregar, 2005).

#### 2.3.3.3. Pengolahan secara biologis

Proses secara biologis ini digunakan untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Pada proses ini sangat dipengaruhi oleh banyak factor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran jenis kotoran yang ada dan sebagainya. Reactor pengolah lumpur aktif dan saringan penjernihan biasanya dipergunakan dalam tahap ini. Pada proses penggunaan lumpur aktif (activated sludged), maka air limbah yang telah lama ditambahkan pada tangki aerasi dengan tujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat. Lumpur aktif tersebut dikenal sebagai MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid). Terdapat dua hal yang penting dalam proses biologis ini antara lain (Soeparman dan Soeparmin, 2002):

1. Proses penambahan oksigen (oksidasi).

Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air limbah merupakan tujuan pengolahan air limbah. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau

bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur.

Pada prakteknya terdapat 2 cara untuk menambahkan oksigen ke dalam air limbah yaitu:

1. Memasukkan udara ke dalam air limbah.

Adalah proses memasukkan udara atau oksigen murni ke dalam air limbah melalui benda porous atau nozzle. Apabila nozzle diletakkan di tengah-tengah, maka akan meningkatkan kecepatan berkontakannya gelembung udara tersebut dengan air limbah, sehingga proses pemberian oksigen akan berjalan lebih cepat. Oleh karena itu, biasanya nozzle ini diletakkan pada dasar bak aerasi. Udara yang dimasukkan adalah berasal dari udara luar yang dipompakan ke dalam air limbah oleh pompa tekan (Soeparman dan Soeparmin, 2002).

2. Memaksa air ke atas untuk berkontak langsung dengan oksigen.

Adalah cara mengontakkan air limbah dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air limbah. Akibat dari pemutaran ini, air limbah akan terangkat keatas dan dengan terangkatnya maka air limbah akan mengadakan kontak langsung dengan udara sekitarnya. Pengalaman menunjukkan bahwa 43-123 m<sup>3</sup> udara akan diperlukan untuk menguraikan 1 kg BOD atau bila menggunakan aerator mekanis diperlukan 0,7 – 0,9 kg oksigen/jam untuk dimasukkan ke dalam lumpur aktif (Soeparman dan Soeparmin, 2002).

## 2. Proses penambahan bakteri.

### Pertumbuhan Bakteri dalam Bak Reaktor

Bakteri diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang ada didalam air limbah. Oleh karena itu, diperlukan jumlah bakteri aerob yang cukup untuk menguraikan bahan-bahan tersebut. Bakteri itu sendiri akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung di dalamnya cukup tersedia, sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan secara konstan. Pada permulaannya bakteri berbiak secara konstan dan agak lambat pertumbuhannya karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut, keadaan ini dikenal dengan sebagai lag phase. Setelah beberapa jam berjalan maka bakteri mulai tumbuh berlipat ganda dan fase ini dikenal sebagai fase akselerasi (*acceleration phase*) (Soeparman dan Soeparmin, 2002).

Setelah tahap ini berakhir maka terdapat bakteri yang tetap dan bakteri yang terus meningkat jumlahnya sehingga proses pengolahan limbah semakin efektif dalam penguraian zat-zat berbahaya yang terdapat pada air limbah tersebut. Pertumbuhan yang dengan cepat setelah fase kedua ini disebut sebagai log phase. Selama log phase diperlukan banyak persediaan makanan, sehingga pada suatu saat terdapat pertemuan antara pertumbuhan bakteri yang meningkat dan penurunan jumlah makanan yang terkandung di dalamnya. Apabila tahap ini berjalan terus, maka akan terjadi keadaan dimana jumlah bakteri dan makanan tidak seimbang dan keadaan ini kita sebut sebagai *declining growth phase*. Pada akhirnya makanan akan habis dan kematian bakteri akan terus meningkat sehingga tercapai suatu keadaan dimana jumlah bakteri yang mati dan tumbuh mulai berimbang yang dikenal sebagai *statinary phase* (Soeparman dan Soeparmin, 2002).

Setelah jumlah makanan habis dipergunakan, maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhannya maka keadaan ini disebut *endogenous phase* dan pada saat ini bakteri menggunakan energy simpanan ATP untuk pernafasannya sampai ATP habis yang kemudian akan mati. Dengan demikian penambahan kembali bahan lumpur yang lebih banyak mengandung makanan dan bakteri sangat diperlukan. Lumpur yang biasanya dipergunakan untuk penambahan makanan ini disebut lumpur aktif (*activated sludge*), dimana pemberiannya dilakukan sebelum memasuki bak aerasi dengan mengambil lumpur dari bak pengendapan kedua atau dari bak pengendapan terakhir (*final sedimentation tank*) (Soeparman dan Soeparmin, 2002).

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada proses pengolahan kedua ini perlu diperhatikan beberapa pertimbangan agar bakteri dalam lumpur tersebut dapat bekerja secara optimal antara lain (Soeparman dan Soeparmin, 2002):

1. Banyaknya udara yang diberikan setiap  $m^3$  air limbah adalah sebanyak 8 – 10  $m^3$ .
2. Sebaiknya air limbah berada pada tangki aerasi adalah selama 6 – 8 jam.
3. Banyaknya udara yang harus disediakan dibandingkan dengan derajat pengotoran air limbah yang ada adalah sebesar 40 – 80  $m^3$  udara untuk setiap kg BOD. Untuk itu dipergunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

Banyaknya Udara dalam  $m^3$ /hari

---

BOD dari air limbah x vol. limbah/hari ( $m^3$ )

Dari perhitungan rumus tersebut harus menghasilkan angka antara 40 – 80 m<sup>3</sup>/kg BOD.

4. Cell residence time dari lumpur aktif adalah sebesar 8 (delapan) hari. Untuk menghitung besarnya cell residence time (CRT) dipergunakan patokan:

$$\text{CRT} = \frac{\text{MLSS mg/l} \times \text{vol. tangki aerasi (l)}}{\text{Wasting rate 1/detik} \times \text{RAS mg/l}}$$

= Harus mencapai minimal 8 hari.

Dimana: MLSS = dalam satuan mg/l.

Vol. tangki aerasi dalam satuan liter.

Wasting Rate = Banyaknya lumpur yang dibuang dari bak aerasi dalam liter/ detik.

RAS = Kadar lumpur yang dikembalikan kedalam tangki aerasi dalam mg/liter.

5. F/M rasio yaitu perbandingan antara makanan dan mikroorganisme sebesar 0,2 – 0,3 kg BOD/kg bakteri. Untuk itu dipergunakan rumus:

$$\frac{F}{M} = \frac{\text{BOD limbah} \times \text{debit limbah/hari (m}^3\text{)}}{\text{MLSS} \times \text{vol. tangki aerasi (m}^3\text{)}}$$

= Harus menghasilkan angka 0,2 – 0,3.

Semua air buangan yang *biodegradable* dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu:

1. Reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reaktor*)
2. Reaktor pertumbuhan lekat (*attached growth reaktor*).

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, *mikroorganisme* tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Proses lumpur aktif yang banyak dikenal berlangsung dalam reaktor jenis ini. Proses lumpur aktif terus berkembang dengan berbagai modifikasinya, antara lain: oxidation ditch dan kontak-stabilisasi. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif konvensional, oxidation ditch mempunyai beberapa kelebihan, yaitu efisiensi penurunan BOD dapat mencapai 85%-90% (dibandingkan 80%-85%) dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Selain efisiensi yang lebih tinggi (90%-95%), kontak stabilisasi mempunyai kelebihan yang lain, yaitu waktu detensi hidrolis total lebih pendek (4-6 jam). Proses kontak-stabilisasi dapat pula menyisihkan BOD tersuspensi melalui proses absorpsi di dalam tangki kontak sehingga tidak diperlukan penyisihan BOD tersuspensi dengan pengolahan pendahuluan (Soeparman dan Soeparmin, 2002).

Kolam oksidasi dan *lagoon*, baik yang diaerasi maupun yang tidak, juga termasuk dalam jenis reaktor pertumbuhan tersuspensi. Untuk iklim tropis seperti Indonesia, waktu detensi hidrolis selama 12-18 hari di dalam kolam oksidasi maupun dalam *lagoon* yang tidak diaerasi, cukup untuk mencapai kualitas *effluen* yang dapat memenuhi standar yang ditetapkan. Di dalam *lagoon* yang diaerasi cukup

dengan waktu detensi 3-5 hari saja (Soeparman dan Soeparmin, 2002).

Di dalam reaktor pertumbuhan lekat, *mikroorganisme* tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Berbagai modifikasi telah banyak dikembangkan selama ini, antara lain (Soeparman dan Soeparmin, 2002):

- *trickling filter*
- cakram biologi
- filter terendam
- reaktor *fludisasi*

Seluruh modifikasi ini dapat menghasilkan efisiensi penurunan BOD sekitar 80%-90%. Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan menjadi dua jenis (Soeparman dan Soeparmin, 2002):

- Proses *aerob*, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen
- Proses *anaerob*, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

Apabila BOD air buangan tidak melebihi 400 mg/L, proses aerob masih dapat dianggap lebih ekonomis dari *anaerob*. Pada BOD lebih tinggi dari 4000 mg/L, proses *anaerob* menjadi lebih ekonomis.

Dalam prakteknya saat ini, teknologi pengolahan limbah cair mungkin tidak lagi sesederhana seperti dalam uraian di atas. Namun pada prinsipnya, semua limbah yang dihasilkan harus melalui beberapa langkah pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan atau kembali dimanfaatkan dalam proses produksi, dimana uraian di atas dapat dijadikan sebagai acuan (Soeparman dan Soeparmin, 2002).

## 2.4. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah berbahan berbahaya dan beracun, disingkat limbah B3, adalah setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak dan/atau mencemarkan lingkungan hidup dan/atau dapat membahayakan kesehatan manusia. Jenis limbah B3 meliputi antara lain (Metcalf dan Eddy, 1991):

- a. Limbah B3 dari sumber tidak spesifik (bukan berasal dari proses utama)
- b. Limbah B3 dari sumber spesifik (berasal dari proses utama)
- c. Limbah B3 dari bahan kimia kadaluwarsa, tumpahan, sisa kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi

### 2.4.1. Sifat dan Karakteristik Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Berdasarkan BAPEDAL (1995), suatu limbah diidentifikasi sebagai limbah B3 berdasarkan karakteristiknya apabila dalam pengujiannya memiliki satu atau lebih kriteria atau sifat karakteristik limbah B3. Selain berdasarkan sumbernya, suatu limbah dapat diidentifikasi sebagai limbah B3 berdasarkan uji karakteristik. Sifat dan karakteristik limbah B3 adalah:

1. Mudah meledak. Limbah B3 yang mudah meledak adalah limbah yang pada suhu dan tekanan standar (25° C, 760 mmHg) dapat meledak atau melalui reaksi kimia dan atau fisika dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi limbah B3 seperti ini dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya
2. Mudah terbakar. Limbah B3 yang mudah terbakar memiliki salah satu sifat-sifat sebagai berikut.
  - limbah berupa cairan yang mengandung alkohol kurang dari 24%

volume dan atau pada titik nyala tidak lebih dari 60° C (140 °F) akan menyala apabila terjadi kontak dengan api, percikan api atau sumber nyala lain pada tekanan udara 760 mmHg

- limbah yang berupa bukan cairan, yang pada temperatur dan tekanan standar (25° C, 760 mmHg) dapat mudah menyebabkan kebakaran melalui gesekan, penyerapan uap air atau perubahan kimia secara spontan dan apabila terbakar dapat menyebabkan kebakaran secara terus menerus

- merupakan limbah yang bertekanan yang mudah terbakar
- merupakan limbah pengoksidasi

3. Bersifat reaktif. Limbah B3 yang bersifat reaktif memiliki salah satu sifat sebagai berikut.

- limbah yang dalam keadaan normal tidak stabil dan dapat menyebabkan perubahan tanpa peledakan
- limbah yang dapat bereaksi hebat dengan air
- limbah yang apabila bercampur dengan air berpotensi menimbulkan ledakan, menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah membahayakan bagi kesehatan manusia dan lingkungan
- merupakan limbah sianida, sulfida atau amoniak yang pada kondisi PH antara 2 dan 12,5 dapat menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan
- limbah yang dapat mudah meledak atau bereaksi pada suhu dan tekanan standar (25°C, 760 mmHg)
- limbah yang menyebabkan kebakaran karena melepas atau menerima oksigen atau limbah organik peroksida yang tidak stabil dalam suhu tinggi

4. Beracun. Limbah B3 merupakan limbah yang mengandung pencemar yang bersifat racun bagi manusia atau lingkungan yang dapat menyebabkan kematian atau sakit yang serius apabila masuk kedalam tubuh melalui pernafasan, kulit atau mulut. Penentuan sifat

racun untuk mengidentifikasi limbah ini dengan menggunakan baku mutu konsentration TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*)

5. Menyebabkan infeksi. Limbah B3 merupakan limbah yang menyebabkan infeksi yaitu bagian tubuh manusia yang diamputasi dan cairan tubuh manusia yang terkena infeksi, limbah dari laboratorium atau limbah lainnya yang terinfeksi kuman penyakit yang dapat menular. Limbah ini berbahaya karena mengandung kuman penyakit seperti hepatitis dan kolera yang ditularkan pada pekerja, pembersih jalan dan masyarakat di sekitar lokasi pembuangan limbah
6. Bersifat korosif. Bila memiliki salah satu sifat berikut ini:
  - menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit
  - menyebabkan proses pengkaratan pada lempeng baja (SAE 1020) dengan laju korosi lebih besar dari 6,35 mm/tahun dengan temperatur uji 55 °C
  - mempunyai PH sama atau kurang dari 2 untuk limbah bersifat asam dan sama atau lebih besar dari 12,5 untuk limbah yang bersifat basa

#### **2.4.2. Identifikasi Limbah Bahan Beracun Berbahaya (B3)**

Jika suatu bahan dicurigai termasuk B3, maka dilakukan beberapa tahapan untuk mengetahui apakah bahan tersebut memang benar tergolong B3 atau Bukan (*Pengelolaan Limbah Industri* – Prof. Tjandra Setiadi, US EPA).

Langkah 1: Apakah bahan tersebut termasuk yang disebutkan dalam Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah B3

- Jika termasuk ; STOP , berarti B3
- Jika tidak termasuk; lanjut ke langkah 2

Langkah 2: Uji karakteristik bahan (seperti diatas) dan uji toksisitas dengan metode toksikologi TCLP (*Toxicity Concentration Leaching*)

*Procedur)*

\* Apabila hasil uji :  $\geq$  BM TCLP ; bahan tersebut tergolong B3

\* Apabila hasil uji :  $<$  BM TCLP ; bahan tersebut bukan B3

### 2.4.3. Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

Pengelolaan limbah B3 adalah rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan limbah B3 serta penimbunan hasil pengolahan tersebut. Pengelolaan limbah B3 bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi sifat bahaya dan beracun limbah B3 agar tidak membahayakan kesehatan manusia dan untuk mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan (Wahyono, 2000).

Prinsip prinsip dalam pengelolaan limbah B3:

- *Pollution Prevention Principle* (prinsip pencegahan pencemaran) dengan meminimasi limbah: reduce and substitution
- *Pollutan Pay Principle*
- *Cradle to Grave Principle* (dari awal sampai akhir)

Rangkaian kegiatannya:

- Reduksi

Adalah mengurangi zat pencemar mulai dari material pembentuk hingga ke proses pengolahan dan tahap akhir keluaran limbah tersebut.

- Penyimpanan

Adalah menyimpan dalam wadah yang aman sehingga tidak meluas ke area lingkungan sekitar.

- Pengumpulan

Adalah proses pengumpulan limbah B3, setelah melalui proses penyimpanan kemudian di kumpulkan dalam satu areal tertentu agar tidak tercampur bahan yang lain.

- Pengangkutan

Adalah proses setelah pengumpulan, yaitu diangkut ke bagian pengolahan limbah khusus B3 jika memang belum tersedia proses pengolahan khusus limbah B3 di tempat tersebut.

- Pengolahan

Adalah proses pengolahan setelah semua limbah B3 tersebut dikumpulkan menjadi satu bagian menggunakan teknik dan metode tertentu yang sesuai dengan jenis limbah dan karakteristik limbah tersebut.

- Pemanfaatan

Adalah proses penggunaan ulang apabila memang limbah tersebut masih bisa digunakan untuk suatu kegiatan seperti lumpur yang dijadikan briket untuk kemudian dijadikan bahan bakar industri.

- Penimbunan

Adalah menimbun atau mengubur apabila limbah B3 tersebut setelah diolah tidak bisa digunakan lagi, penimbunan ini sesuai dengan persyaratan penimbunan limbah B3.

- Olah dan Timbun (sedekat mungkin dengan sumber)

#### **2.4.3.1. Penyimpanan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**

Penyimpanan limbah adalah kegiatan penyimpanan limbah yang dilakukan oleh penghasil, pengumpul, pemanfaatan, pengolahan atau penimbunan limbah dengan maksud menyimpan sementara. Penyimpanan limbah sludge minyak harus dilakukan jika limbah tersebut belum dapat diolah segera. Kegiatan penyimpanan limbah B3 dimaksudkan untuk mencegah terlepasnya limbah ke lingkungan sehingga potensi bahaya terhadap manusia dan lingkungan dapat dihindarinya. Untuk meningkatkan pengamanannya maka sebelum disimpan limbah tersebut harus dikemas terlebih dahulu (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1995).

Persyaratan Pra Pengemasan. Persyaratan pengemasan limbah B3 yang harus diperhatikan adalah:

1. Uji karakteristik limbah ke laboratorium yang telah mendapat persetujuan BAPEDAL dengan prosedur dan metode pengujian yang ditetapkan oleh BAPEDAL.
2. Pengujian karakteristik limbah sekurang-kurangnya dilakukan 1 kali. Jika limbah yang dihasilkan sama secara terus menerus.
3. Bentuk kemasan dan bahan kemasan dipilih berdasarkan kecocokannya terhadap jenis dan karakteristik limbah yang akan dikemas.

Persyaratan Umum kemasan yang harus diperhatikan adalah:

1. Kemasan harus dalam kondisi baik, tidak rusak dan bebas dari karat & bocor.
2. Bentuk, ukuran dan bahan kemasan limbah disesuaikan dengan karakteristik limbah yang akan dikemas dengan mempertimbangkan keamanan dan kemudahan dalam penanganannya.
3. Kemasan dapat terbuat dari bahan plastik *High Density Polyethylene* (HDPE), PP (*Poly Propylene*) atau PVC (*Polyvinyl Chloride*) atau bahan logam (teflon, baja karbon) dengan syarat bahan kemasan yang di pergunakan tersebut tidak bereaksi dengan limbah yang disimpan.

#### **A. Prinsip Pengemasan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**

Menurut BAPEDAL (1995), pada dasarnya limbah yang akan dikemas harus memperhatikan prinsip-prinsip pengemasan limbah B3 sebagai berikut:

1. Limbah B3 yang tidak saling cocok tidak disimpan secara bersamaan dalam kemasan.
2. Untuk mencegah risiko timbulnya bahaya selama penyimpanan maka jumlah pengisian limbah dalam kemasan harus mempertimbangkan kemungkinan terjadinya kenaikan tekanan.

3. Jika kemasan yang berisi limbah B3 sudah dalam kondisi yang tidak layak (misalnya : terjadi pengkarat, atau terjadi kerusakan permanen), atau jika mulai bocor, maka limbah B3 tersebut harus dipindahkan kedalam kemasan lain yang memenuhi syarat sebagai kemasan bagi limbah B3.
4. Terhadap kemasan yang telah berisi limbah harus diberi penandaan sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan disimpan dengan memenuhi ketentuan tata cara dan persyaratan bagi penyimpanan B3.
5. Terhadap kemasan wajib dilakukan pemeriksaan oleh penanggung jawab pengelolaan limbah B3 fasilitas (penghasil, pengumpul atau pengolah) untuk memastikan tidak terjadinya kerusakan atau kebocoran pada kemasan akibat korosi atau faktor lain.
6. Kegiatan pengemasan, penyimpanan dan pengumpulan harus dilaporkan sebagai bahan kegiatan pengelolaan limbah B3.

#### **B. Tata Cara Penyimpanan Kemasan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3)**

Menurut BAPEDAL (1995), pada dasarnya tata cara penyimpanan dalam mengemas limbah B3 adalah sebagai berikut:

1. Penyimpanan kemasan harus dibuat dengan sistem blok. Setiap blok terdiri atas 2x2 kemasan sehingga dapat dilakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap setiap kemasan sehingga jika terjadi kerusakan, kecelakaan dapat segera ditangani.  
  
Lebar gang antara blok harus memenuhi persyaratan peruntukkannya. Lebar gang untuk lalu lintas kendaraan pengangkutan (*forklift*) disesuaikan dengan kelayakan pengoperasiannya.
2. Penumpukan kemasan limbah harus mempertimbangkan kestabilan tumpukan kemasan, Jika kemasan berupa drum logam (isi 200 liter) maka tumpukan maksimal adalah 3 lapis dengan tiap lapis dialasi palet (setiap

palet mengalasi 4 drum). Jika tumpukan lebih dari 3 lapis atau kemasan terbuat dari plastik, maka harus menggunakan rak.

3. Jarak tumpukan kemasan tertinggi dan jarak blok kemasan terluar terhadap atap dan dinding bangunan penyimpanan tidak boleh kurang dari 1 meter.
4. Kemasan-kemasan berisi limbah yang tidak saling cocok harus disimpan secara terpisah, tidak 1 blok, dan tidak dalam bagian penyimpanan yang sama. Penempatan kemasan harus dengan syarat bahwa tidak ada kemungkinan bagi limbah. Jika terguling atau tertumpah akan tercampur atau masuk kedalam bak penampungan bagian penyimpanan lain.

### **C. Persyaratan Bangunan Penyimpanan Kemasan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3)**

Berdasarkan BAPEDAL (1995), tertulis beberapa kebijakan persyaratan dan peraturan bangunan industri dalam menyimpan dan mengemas limbah B3 di antaranya adalah:

1. Bangunan tempat penyimpanan kemasan limbah B3 harus:
  1. Memiliki rancangan bangunan dan luas ruang penyimpanan yang sesuai dengan jenis, karakteristik dan jumlah limbah yang dihasilkan atau disimpan.
  2. Terlindungi dari masuknya air hujan baik secara langsung maupun tidak langsung.
  3. Dibuat tanpa plafon dan memiliki system ventilasi udara yang memadai untuk mencegah terjadinya akumulasi gas didalam ruang penyimpanan serta memasang kasa ataubahan lain untuk mencegah masuknya burung atau binatang kecil lainnya kedalam ruang penyimpanan.
  4. Memiliki sistem penerangan yang memadai untuk operasional penggudangan atau inspeksi rutin. Jika menggunakan lampu harus dipasang minimal 1 meter diatas kemasan dengan saklar harus

terpasang disisi luar bangunan.

5. Di lengkapi dengan sistem penangkal petir
6. Pada bagian luar tempat penyimpanan diberi tanda sesuai dengan tata cara yang berlaku.
7. Lantai bangunan penyimpanan harus kedap air, tldak bergelombang, kuat dan tidak retak. Lantai bagian dalam dibuat melandai turun ke arah bak penampungan yang kemiringan maksimalnya 1%.

2. Sarana lain yang harus tersedia adalah

1. Peralatan dan sistem pemadam kebakaran
2. Pagar pengaman
3. Pembangkit listrik cadangan
4. Fasilitas *first aid*
5. Peralatan komunikasi
6. Gudang tempat penyimpanan peralatan dan kelengkapannya.
7. Pintu darurat
8. Alarm Persyaratan lokasi untuk tempat penyimpanan limbah B3
9. Merupakan daerah bebas banjir atau daerah yang diupayakan melalui pengurangan sehingga aman dari kemungkinan terkena banjir.
10. Jarak minimum antara lokasi dengan fasilitas umum 50 meter

#### **2.4.3.2. Pengumpulan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3)**

Pengumpulan limbah adalah kegiatan yang bertujuan untuk menyimpan sementara sebelum akhirnya diserahkan kepada pemanfaat dan pengolah atau penimbun limbah (Keputusan No.1/Bapedal/09/1995 tentang tata cara pengumpulan limbah bahan berbahaya dan beracun B3).

##### **A. Persyaratan lokasi pengumpulan limbah B3**

- a. Luas tanah termasuk bangunan penyimpanan dan fasilitas lainnya sekurang-kurangnya 1 hektar.

- b. Area secara geologis merupakan daerah bebas banjir tahunan.
- c. Lokasi harus cukup jauh dari fasilitas umum dan ekosistem tertentu, jarak terdekat yang diperkenankan:
- 150 m dari jalan utama atau jalan tol, 50 m dari jalan lainnya
  - 300 m dari fasilitas umum seperti daerah pemukiman, perdagangan, rumah sakit, pelayanan kesehatan, kegiatan sosial, hotel, restoran, fasilitas keagamaan, fasilitas pendidikan, dll.
  - 300 m dari perairan seperti garis pasang tertinggi laut, badan sungai, daerah pasang surut, kolam, danau, rawa, mata air, sumur, penduduk dll.
  - 300 m dari daerah yang dilindungi seperti cagar alam, hutan lindung, kawasan suaka dll.

### **B. Persyaratan bangunan pengumpulan limbah B3**

1. Fasilitas pengumpulan; fasilitas khusus yang harus dilengkapi dengan berbagai sarana untuk menunjang dan tata ruang yang tepat sehingga kegiatan pengumpulan dapat berlangsung dengan baik dan aman bagi lingkungan.
2. Setiap bangunan pengumpulan limbah dirancang khusus hanya untuk menyimpan karakteristik limbah dan dilengkapi dengan bak penampung tumpahan limbah yang dirancang sedemikian rupa sehingga memudahkan dalam pengangkutannya.
3. Fasilitas pengumpulan harus dilengkapi dengan:
  - Peralatan dan sistem pemadam kebakaran
  - Pembangkit listrik cadangan
  - Fasilitas *first aid*
  - Peralatan komunikasi
  - Gudang tempat penyimpanan peralatan dan kelengkapannya

- Pintu darurat dan alarm.

Fasilitas tambahan seperti laboratorium, fasilitas pencucian, fasilitas untuk bongkar muat, kolam penampungan darurat, peralatan penanganan tumpahan.

#### **2.4.3.3. Pengangkutan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**

Pengangkutan limbah B3 adalah suatu kegiatan pemindahan limbah B3 dari penghasil dan atau dari pengumpul dan atau pemanfaat dan atau pengolah dan atau penimbun limbah B3 (Perdana, 1995).

#### **2.4.3.4. Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**

Pemanfaat limbah B3 adalah suatu kegiatan perolehan kembali (*Recovery*) dan atau penggunaan kembali (*Reuse*) dan atau daur ulang (*Recycle*) yang bertujuan untuk mengubah limbah menjadi suatu produk yang dapat digunakan dan juga harus aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Anonim, 1995).

#### **2.4.3.5. Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**

Pengolahan limbah B3 adalah suatu proses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 menjadi tidak berbahaya dan atau tidak beracun atau memungkinkan agar limbah B3 dimurnikan dan atau didaur ulang (Eckenfelder, W. Weasley, 2000).

Secara umum proses pengolahan limbah B3 adalah sebagai berikut:

##### 1. Pengolahan secara fisika dan kimia

- Pengolahan secara Fisika:
  - Pemisahan dan pemekatan komponen limbah

- Penyaringan dan pengendapan
- Pengolahan secara Kimia:
  - Terjadi perubahan struktur kimia
  - Pengendapan logam beracun

(Pengolahan ini dapat mereduksi volume dan sifat *toksik*)

## 2. Pengolahan dengan *incinerator*

- Pengolahan dengan *Incinerator*
  - *Incinerator* dengan spesifikasi sesuai dengan karakteristik dan jumlah limbah yang diolah
  - *Residu* dari proses pembakaran pada abu *incinerator* harus ditimbun dengan mengikuti ketentuan tentang *stabilisasi* dan *solidifikasi* atau penimbunan (*landfill*)

## 3. Pengolahan dengan teknik *stabilisasi* dan *solidikasi*

- Pengolahan dengan teknik *Stabilisasi* dan *Solidikasi*
  - Prinsip pengolahan ini adalah membuat senyawa toksik yang ada pada limbah menjadi stabil dalam bentuk padatnya.
  - Prosesnya meliputi perlakuan awal kimia, pencampuran dengan semen portland, absorbent, air dan reagent tertentu, bahan pencampur harus dapat mengikat bahan berbahaya dan beracun sehingga menurunkan sifat racun dan/atau sifat bahayanya sampai nilai ambang batas yang telah ditetapkan
  - Hasil pengolahan limbah ini (bentuk *solid* yang stabil), untuk selanjutnya ditanam didalam tanah (*land fill*)

## 4. pengolahan dengan penimbunan

- Pengolahan dengan teknik Penimbunan dalam tanah

- Penimbunan dibangun dengan menggunakan sistem pelapisan rangkap dua yang dilengkapi dengan saluran untuk pengaturan aliran air permukaan, pengumpulan air lindi dan pengolahannya, sumur pantau dan lapisan penutup akhir yang telah disetujui Badan Pengendalian Dampak Lingkungan
- Penimbunan yang sudah penuh harus ditutup dengan tanah, dan selanjutnya peruntukan tempat tersebut tidak dapat dijadikan pemukiman atau fasilitas lainnya.

#### 2.4.3.6. Penimbunan

Penimbunan limbah B3 harus dilakukan secara tepat, baik tempat tata cara maupun persyaratannya. Tujuan dari penimbunan limbah adalah untuk menampung dan mengisolasi limbah yang sudah tidak dimanfaatkan lagi dan perlindungan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan dalam jangka panjang (Eckenfelder, W. Weasley, 2000).

Pemilihan lokasi penimbunan (*land fill*)

Persyaratan yang harus dipenuhi dalam pemilihan lokasi adalah:

- Lokasi yang dipilih bebas banjir 100 tahun
- *Geologi* lingkungan
  - Daerah denah litologi batuan dasar
  - Tidak merupakan daerah berpotensi bencana alam ; longsor banyak gunung api, gempa bumi, patahan aktif
- *Hidrologi*
  - Bukan merupakan daerah resapan bagi air tanah
  - Dihindari dari lokasi yang dibawahnya terdapat lapisan air tanah (*aquifer*)
- *Hidrologi* permukaan

- Lokasi penimbunan bukan merupakan daerah genangan air, berjarak minimum 500 meter dari aliran sungai yang mengalir sepanjang tahun, danau, waduk untuk irigasi pertanian dan air bersih.

- Iklim dan curah hujan
- Curah hujan kecil daerah kering
- Keadaan angin : kecepatan tahunan rendah, berarah dominan ke daerah tidak berpenduduk atau berpenduduk jarang.
- Lokasi pembuangan harus sesuai dengan rencana tata ruang yang merupakan tanah kosong yang tidak subur.

#### 2.4.4. Dampak Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

##### a) Dampak Terhadap Lingkungan

- Rendahnya kadar oksigen dalam air dapat merusak kehidupan yang ada di dalam air sehingga dapat menyebabkan terjadinya kematian hewan-hewan yang hidup di air
- Gangguan sistem reproduksi ikan dan udang sehingga populasinya menjadi sangat rendah
- Menimbulkan bau akibat pembusukan
- Suburnya tanaman air akibat nutrisi yang berlebihan
- Merusak kehidupan lingkungan

##### b) Dampak Terhadap Kesehatan

- Membahayakan kesehatan manusia karena dapat menjadi media suatu penyakit (sebagai *vehicle*)
- Menyebabkan iritasi seperti terjadinya luka bakar dan peradangan setempat akibat kontak limbah B3 dengan bagian-bagian tubuh tertentu seperti kulit, mata atau saluran pernapasan
- Menyebabkan korosif atau kerusakan jaringan

- Menimbulkan alergi, misalnya akan terlihat bintik-bintik merah kecil atau gelembung berisi cairan atau gangguan pernapasan berupa batuk-batuk, napas tersumbat dan napas pendek
- Menyebabkan sulit bernapas seperti tercekik (*asphixiant*) karena kekurangan oksigen akibat pengikatan gas inert (tidak menimbulkan reaksi jaringan, hanya mengganggu kenyamanan pada saat bekerja) seperti nitrogen dan karbon dioksida
- Menimbulkan keracunan sistemik yang disebabkan oleh masuknya limbah B3 kedalam tubuh dan mempengaruhi bagian-bagian tubuh lain diantaranya merusak ginjal, hati, susunan saraf, dan lain-lain
- Menyebabkan efek bius (narkotika) yaitu mengganggu sistem saraf pusat yang dapat menyebabkan seseorang tidak sadarkan diri, pusing, bahkan dapat pula menyebabkan kematian

## 2.5 Dampak

Sesuai dengan batasan air limbah yang merupakan benda sisa, maka sudah barang tentu bahwa air limbah merupakan benda yang sudah tidak dipergunakan lagi. Akan tetapi, tidak berarti bahwa air limbah tersebut tidak perlu dilakukan pengelolaan, karena apabila air limbah ini tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada (Notoatmodjo, 1997).

### 2.5.1.Kesehatan

Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia mengingat bahwa banyak penyakit yang dapat ditularkan melalui air limbah. Air limbah ini ada yang hanya berfungsi sebagai media pembawa saja seperti penyakit kolera, radang usus, hepatitis infektiosa, serta skhistosomiasis. Selain sebagai pembawa penyakit di dalam air limbah itu sendiri banyak terdapat bakteri patogen penyebab penyakit.

Selain sebagai pembawa dan kandungan kuman penyakit, maka air limbah juga dapat mengandung bahan-bahan beracun, penyebab iritasi, bau dan bahkan suhu yang tinggi serta bahan-bahan lainnya yang mudah terbakar. Keadaan yang demikian ini sangat dipengaruhi oleh sumber asal air limbah (Azwar, 1995).

### **2.5.2. Keindahan**

Dengan semakin banyaknya zat organik yang dibuang oleh perusahaan yang memproduksi bahan organik seperti tapioka, maka setiap hari akan dihasilkan air limbah yang berupa bahan-bahan organik dalam jumlah yang sangat besar. Ampas yang berasal dari pabrik ini perlu dilakukan pengendapan terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran air limbah, akan tetapi memerlukan waktu yang sangat lama. Selama waktu tersebut maka air limbah mengalami proses pembusukan dari zat organik yang ada di dalamnya. Sebagai akibat selanjutnya adalah timbulnya bau hasil pengurangan dari zat organik yang sangat menusuk hidung.

Di samping bau yang ditimbulkan, maka dengan menumpuknya ampas akan memerlukan tempat yang banyak dan mengganggu keindahan tempat di sekitarnya. Pembuangan yang sama akan dihasilkan juga oleh perusahaan yang menghasilkan minyak dan lemak, selain menimbulkan bau juga menyebabkan tempat di sekitarnya menjadi licin. Selain bau dan tumpukan ampas yang mengganggu, maka warna air limbah yang kotor akan menimbulkan gangguan pemandangan yang tidak kalah besarnya. Keadaan yang demikian akan lebih parah lagi, apabila pengotoran ini dapat mencapai daerah pantai dimana daerah tersebut merupakan daerah tempat rekreasi bagi masyarakat sekitarnya (Azwar, 1995).

### **2.5.3. Biotik**

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah seperti BOD dan COD yang terlalu tinggi, 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 perkembangan biota maupun ekosistem air. 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. Selain matinya ikan dan bakteri-bakteri di dalam air juga dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman atau tumbuhan air. Sebagai akibatnya matinya bakteri-bakteri, maka proses penjernihan sendiri yang seharusnya bisa terjadi pada air limbah menjadi terhambat. Sebagai akibat selanjutnya adalah air limbah akan sulit diuraikan. Selain bahan-bahan kimia yang dapat mengganggu kehidupan di dalam air, maka kehidupan di dalam air juga dapat terganggu dengan adanya pengaruh fisik seperti adanya temperatur tinggi yang dikeluarkan oleh industri yang memerlukan proses pendinginan. Panasnya air limbah ini dapat mematikan semua organisme apabila tidak dilakukan pendinginan terlebih dahulu sebelum dibuang ke dalam saluran air limbah (Azwar, 1995).

#### **2.5.4. Kerusakan Benda**

Apabila air limbah mengandung zat yang bersifat asam ataupun basa 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 yang bersifat korosif pada benda-benda yang dilaluinya.

Lemak yang merupakan sebagian dari 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 padat 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 dapat menyumbat aliran air limbah (Siregar, 2005).

## 2.6. Evaluasi Limbah Cair

Teknik pengambilan sampel yang tepat sangat penting untuk melakukan pemeriksaan yang teliti dalam evaluasi limbah cair. Agar dapat mewakili keseluruhan aliran, sampel harus diambil pada titik terjadinya pencampuran yang baik dari limbah cair. Sampel individual (*grab sample*), yang diambil sewaktu-waktu hanya mewakili kondisi pada saat pengambilannya. Oleh karena itu, hal tersebut tidak dapat mewakili periode yang lebih panjang karena karakteristik buangan limbah cair tidak stabil. Sampel gabungan (*composite sample*) merupakan campuran dari sampel individual yang diambil secara proporsional sesuai dengan pola aliran limbah cair. Penggabungan sampel biasa dilakukan dengan mengumpulkan sampel individual pada interval waktu yang teratur, misalnya setiap jam; dan dengan menyimpannya dalam kulkas. Bersamaan dengan pengambilan sampel, dilakukan pengukuran debit aliran dengan membaca angka pada alat ukur aliran (*flow meter*). Kemudian, yang mewakili dipadukan dengan mencampur porsi sampel individual dan dihubungkan dengan angka aliran pada saat pengambilan sampel. Volume sampel gabungan untuk pemeriksaan laboratorium kira-kira 2.500 ml (Hammer, 1977).

Dengan rumus persamaan berikut dapat ditentukan porsi per unit aliran yang diperlukan untuk sampel individual, untuk menghitung volume gabungan yang diinginkan adalah sebagai berikut :

$$\text{Porsi sampel yang diperlukan per unit aliran} = \frac{\text{Total Volume sampel yang diinginkan}}{\text{Angka aliran rata-rata} \times \text{Jumlah Porsi}}$$

$$\begin{array}{l} \text{Porsi untuk periode} \\ \text{24 jam} \end{array} = \frac{2500 \text{ ml}}{72 \text{ l/detik} \times 24} = 1,5 \text{ ml/detik}$$

$$\begin{array}{l} \text{Porsi untuk periode} \\ \text{8 jam} \end{array} = \frac{2500 \text{ ml}}{100 \text{ l/detik} \times 8} = 3,0 \text{ ml/detik}$$

Tabel penghitungan porsi sampel per jam yang akan digunakan untuk menyusun sampel gabungan adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2 Penghitungan porsi sampel per jam untuk menyusun sampel gabungan

Waktu	Aliran (l/ detik)	Porsi sampel per jam (ml) untuk	
		Gabungan 24 jam	Gabungan 8 jam
Tengah malam	49	1,5 x 49 = 74	
01.00	42	1,5 x 42 = 63	
02.00	36	1,5 x 36 = 54	
03.00	31	1,5 x 31 = 47	
04.00	29	1,5 x 29 = 43	
05.00	31	1,5 x 31 = 46	
06.00	39	1,5 x 39 = 58	
07.00	56	1,5 x 56 = 84	
08.00	62	1,5 x 62 = 93	3,0 x 62 = 186
09.00	90	1,5 x 90 = 135	3,0 x 90 = 270
10.00	104	1,5 x 104 = 156	3,0 x 104 = 310
11.00	113	1,5 x 113 = 170	3,0 x 113 = 340
Tengah hari	116	1,5 x 116 = 174	3,0 x 116 = 350
13.00	112	1,5 x 112 = 168	3,0 x 112 = 340
14.00	106	1,5 x 106 = 159	3,0 x 106 = 320
15.00	100	1,5 x 100 = 150	3,0 x 100 = 300
16.00	95	1,5 x 95 = 143	
17.00	91	1,5 x 91 = 136	
18.00	87	1,5 x 87 = 130	
19.00	81	1,5 x 81 = 121	
20.00	76	1,5 x 76 = 114	
21.00	69	1,5 x 69 = 103	
22.00	63	1,5 x 63 = 94	
23.00	54	1,5 x 54 = 81	
Total Volume sampel gabungan		2.596 ml	2.520 ml

Sumber : Hammer, 1977

## 2.7. Teori Efektifitas

Pengertian efektifitas adalah ketepatan cara dalam menjalankan sesuatu, atau kemampuan menjalankan tugas dengan baik dan tepat dengan tidak membuang waktu dan biaya. Tingkat penyisihan/efektifitas pengolahan merupakan tingkat pengurangan atau peningkatan konsentrasi parameter yang diperiksa setelah air limbah tersebut melalui proses pengolahan yang dinyatakan dalam prosentase (%) dengan rumus umum yang digunakan untuk menghitung efektifitas pengolahan menurut Metcalf & Eddy (1991) yaitu:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 \%$$

$S_0$

E = Efektifitas pengolahan air limbah (%)

$S_0$  = Konsentrasi Influent (mg/L)

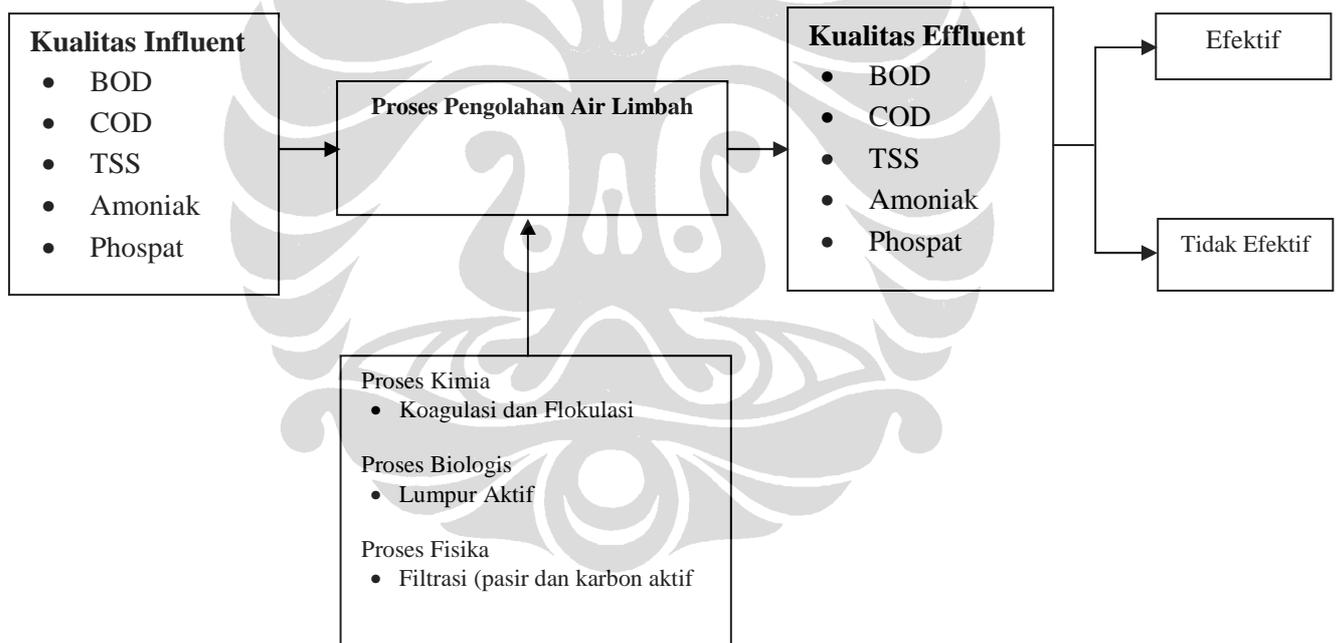
S = Konsentrasi Effluent (mg/L)

## BAB III

### KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

#### 3.1. Kerangka Konsep

Kerangka konsep berdasarkan proses pengolahan air limbah di (Perseroan Terbatas) PT Bristol-Myers Squibb Indonesia, Tbk secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Kerangka Konsep

### 3.2. Definisi Operasional

Tabel 3.1. Definisi Operasional

Variabel	Definisi	Skala Ukur	Hasil	Alat ukur	Cara Ukur
Proses Pengolahan Air Limbah	Suatu upaya yang dilakukan PT BMS Indonesia, Tbk dalam mengolah air limbah secara kimiawi untuk meminimalisasi tingkat pencemaran terhadap lingkungan.	Ordinal	1. Sesuai 2. Tidak sesuai	Laporan Tahunan Unit Sanitasi & Lingkungan	Pengukuran dan perhitungan
BOD <sub>5</sub>	Banyaknya oksigen dalam ppm (mg/L) yang dibutuhkan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga air limbah tersebut menjadi jernih pada suhu 20°C selama 5 hari.	Ordinal	1. memenuhi syarat 2. tidak memenuhi syarat	Laporan Tahunan Unit Sanitasi & Lingkungan	Observasi data uji laboratorium
COD	Banyaknya oksigen dalam	Ordinal	1. memenuhi syarat	Laporan Tahunan Unit	Observasi data uji

	satuan ppm (mg/L) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus dalam menguraikan benda organik secara kimiawi.		2. tidak memenuhi syarat	Sanitasi & Lingkungan	laboratorium
TSS	Jumlah berat dalam satuan mg/L kering lumpur yang ada didalam air setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 $\mu$ sebelum & sesudah pengolahan.	Ordinal	1. memenuhi syarat 2. tidak memenuhi syarat	Laporan Tahunan Unit Sanitasi & Lingkungan	Observasi data uji laboratorium
Amoniak (NH <sub>3</sub> )	Suatu ukuran bagi nitrogen yang mudah membusuk yang terdapat di air limbah.	Ordinal	1. memenuhi syarat 2. tidak memenuhi syarat	Laporan Tahunan Unit Sanitasi & Lingkungan	Observasi data uji laboratorium
Phospat (PO <sub>4</sub> )	Nutrient bagi tumbuhan seperti eceng gondok.	Ordinal	1. memenuhi syarat 2. tidak memenuhi	Laporan Tahunan Unit Sanitasi & Lingkungan	Observasi data uji laboratorium

			syarat		
Kualitas Influent	Nilai cairan yang belum mengalami proses pengolahan di IPAL dan belum memenuhi persyaratan.	Ordinal	1. memenuhi syarat 2. tidak memenuhi syarat	Laporan Tahunan Unit Sanitasi & Lingkungan	Observasi data uji laboratorium
Kualitas Effluent	Nilai cairan yang telah mengalami proses pengolahan di IPAL dan memenuhi persyaratan.	Ordinal	1. memenuhi syarat 2. tidak memenuhi syarat	Laporan Tahunan Unit Sanitasi & Lingkungan	Observasi data uji laboratorium

