

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air Buangan

Semakin padat jumlah penduduk serta kegiatan yang dilakukan setiap harinya, semakin bertambah pula dengan buangan atau air buangan yang dihasilkan. Kualitas airnya pun saat ini bukannya tanpa masalah. Masuknya bahan pencemar ke dalam air menyebabkan kualitas air tidak sesuai lagi bagi berbagai keperluan, termasuk untuk keperluan minum.

Pencemaran air menurut Peraturan Pemerintah RI no.20 tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air. Pencemaran Air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Departemen Permukiman dan prasarana Wilayah, 2003).

Tinja (*excreta*) adalah bahan yang dikeluarkan dari tubuh manusia. Kotoran rumah tangga (*Domestic sewage*) adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat masak. Air limbah (*wastewater*) adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta air buangan lainnya. Air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Saluran air limbah (*sewer*) adalah perlengkapan pengelolaan air limbah, bisa berupa pipa atau selokan, yang dipergunakan untuk membawa air

buangan dari sumbernya sampai ke tempat pengolahan atau ke tempat pembuangan (Sugiharto, 1987)

Secara umum tujuan utama dari setiap pengolahan air buangan adalah sebagai berikut :

1. Mencegah serta mengurangi timbulnya pencemaran lingkungan.
2. Mengubah dan mengkonversikan bahan-bahan yang terkandung di dalam air buangan menjadi bahan-bahan yang tidak berbahaya atau bahan berguna baik bagi manusia, hewan, ataupun organisme yang lain melalui proses tertentu.
3. Memusnahkan senyawa-senyawa beracun dan atau jasad-jasad pathogen.

## 2.2 Sumber Air Buangan

Sumber air buangan dapat dibedakan menjadi:

### 1. Air buangan domestik

Limbah domestik adalah semua limbah yang berasal dari kamar mandi, WC, dapur, tempat cuci pakaian, apotik, rumah sakit, dan sebagainya. Yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat organik, baik padat ataupun cair, bahan berbahaya dan beracun (B3), garam terlarut, lemak dan bakteri.

Limbah domestik adalah limbah yang terutama berasal dari daerah tempat tinggal (pemukiman), daerah komersial (perdagangan), daerah perkantoran dan fasilitas - fasilitas umum (Veenstra, 1995).

Air limbah domestik adalah sumber utama pencemar badan air di daerah perkotaan. Masuknya air limbah domestik ke lingkungan tanpa diolah akan mengakibatkan menurunnya kualitas air di badan air penerima seperti sungai, yang pada akhirnya menyebabkan beberapa masalah yaitu kerusakan keseimbangan

ekologi di aliran sungai, masalah kesehatan penduduk yang memanfaatkan air sungai secara langsung, yang dapat menurunkan derajat kesehatan masyarakat dan meningkatkan angka kematian akibat infeksi air, bertambahnya biaya pengolahan air minum oleh perusahaan air minum (PAM) serta kerusakan perikanan di muara (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003) .

Air buangan domestik merupakan campuran yang rumit antara bahan organik dan anorganik dalam bentuk, seperti partikel-partikel benda padat besar dan kecil atau sisa-sisa bahan larutan dalam bentuk koloid (Mahida, 1986). Air buangan ini juga mengandung unsur-unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan mikroorganisme.

Untuk mengetahui air buangan domestik secara luas diperlukan pengetahuan yang mendetail tentang komposisi atau kandungan yang ada didalamnya. Setelah diadakan analisis ternyata diketahui bahwa sekitar 75 % dari benda-benda terapung dan 40 % benda-benda padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik. Komposisi utama bahan-bahan organik tersebut tersusun oleh 40-60 % protein, 25-50 % karbohidrat dan 10 % sisanya berupa lemak.

Sifat-sifat yang dimiliki oleh air buangan domestik adalah sifat fisik, kimia dan biologis.

- Sifat Fisik

Sebagian besar air buangan domestik tersusun atas bahan-bahan organik. Pendegradasian bahan-bahan organik pada air buangan akan menyebabkan kekeruhan. Selain itu kekeruhan yang terjadi akibat lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda-benda terapung yang tidak segera mengendap. Pendegradasian bahan-bahan

organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemaran.

Komponen bahan-bahan organik tersusun atas protein, lemak, minyak dan sabun. Penyusun bahan-bahan organik tersebut cenderung mempunyai sifat berubah-ubah (tidak tetap) dan mudah menjadi busuk. Keadaan ini menyebabkan air buangan domestik menjadi berbau.

Secara fisik sifat-sifat air buangan domestik dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Sifat Fisik Limbah Domestik

No	Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh
1.	Suhu	Kondisi udara sekitar	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen atau gas lain. Juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.
2.	Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti limbah padat, garam, tanah, bahan organik yang halus, algae, organisme kecil.	Mematikan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan.
3.	Warna	Sisa bahan organik dari daun dan tanaman.	Umumnya tidak berbahaya, tetapi berpengaruh terhadap kualitas air.
4.	Bau	Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik.	Mengurangi estetika.
5.	Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion.	
6.	Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat.

( Sumber : Sugiharto, 1987 )

- **Sifat Kimia**

Pengaruh kandungan bahan kimia yang ada di dalam air buangan domestik dapat merugikan lingkungan melalui beberapa cara. Bahan-bahan terlarut dapat menghasilkan DO atau oksigen terlarut dan dapat juga menyebabkan timbulnya bau (*Odor*). Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau ini, sebabnya ialah struktur protein sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai menjadi bahan kimia lain oleh proses dekomposisi.

Didalam air buangan domestik dijumpai karbohidrat dalam jumlah yang cukup banyak, baik dalam bentuk gula, kanji dan selulosa. Gula cenderung mudah terurai, sedangkan kanji dan selulosa lebih bersifat stabil dan tahan terhadap pembusukan (Sugiharto, 1987).

Lemak dan minyak merupakan komponen bahan makanan dan pembersih yang banyak terdapat didalam air buangan domestik. Kedua bahan tersebut berbahaya bagi kehidupan biota air dan keberadaanya tidak diinginkan secara estetika selain dari itu lemak merupakan sumber masalah utama dalam pemeliharaan saluran air buangan. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh kedua bahan ini adalah terbentuknya lapisan tipis yang menghalangi ikatan antara udara dan air, sehingga menyebabkan berkurangnya konsentrasi DO. Kedua senyawa tersebut juga menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen untuk oksidasi sempurna.

Jasad renik yang berada dalam air limbah akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, bahan buangan lainnya serta gas. Jika bahan organik yang belum diolah dan dibuang ke badan air, maka bakteri akan menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya. Oksigen diambil dari yang terlarut didalam air dan apabila pemberian oksigen tidak seimbang dengan

kebutuhannya maka oksigen yang terlarut akan turun mencapai titik nol (Sugiharto, 1987).

- Sifat Biologis

Keterangan tentang sifat biologis air buangan domestik diperlukan untuk mengukur tingkat pencemaran sebelum dibuang ke badan air penerima. Mikroorganisme-mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan-bahan organik di dalam air buangan domestik adalah bakteri, jamur, protozoa dan algae. Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai makanannya. Berdasarkan penggunaan makanannya, bakteri dibedakan menjadi bakteri autotrof dan heterotrof. Bakteri autotrof menggunakan karbondioksida sebagai sumber zat karbon, sedangkan bakteri heterotrof menggunakan bahan organik sebagai sumber zat karbonnya. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik disebut bakteri aerob, sedangkan yang tidak memerlukan oksigen disebut bakteri anaerob.

Selain bakteri, jamur juga termasuk dekomposer pada air buangan domestik. Jamur adalah mikroorganisme nonfotosintesis, bersel banyak, bersifat aerob dan bercabang atau berfilamen yang berfungsi untuk memetabolisme makanan. Bakteri dan jamur dapat memetabolisme bahan organik dari jenis yang sama. Protozoa adalah kelompok mikroorganisme yang umumnya motil, bersel tunggal dan tidak berdinding sel. Kebanyakan protozoa merupakan predator yang sering kali memangsa bakteri. Peranan protozoa penting bagi penanganan limbah organik karena protozoa dapat menekan jumlah bakteri yang berlebihan. Selain itu protozoa dapat mengurangi bahan organik yang tidak dapat di metabolisme oleh bakteri ataupun jamur dan membantu menghasilkan effluen yang lebih baik (Sugiharto, 1987).

## 2. Air Buangan Non-Domestik

Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lain. Limbah ini sangat bervariasi, lebih-lebih untuk limbah industri. Limbah pertanian biasanya terdiri atas bahan padat bekas tanaman yang bersifat organik, pestisida, bahan pupuk yang mengandung Nitrogen, dan sebagainya.

Tabel 2.2 Komposisi Limbah Domestik

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi Rendah	Konsentrasi Medium	Konsentrasi Tinggi
Total Solid (TS)	mg/L	390	720	1230
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	270	500	860
Fixed	mg/L	160	300	520
Volatil	mg/L	110	200	340
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	120	210	400
Fixed	mg/l	25	50	85
Volatil	mg/L	95	160	315
Settleable Solids	mL/L	5	10	20
BOD <sub>5</sub> , 20°C	mg/L	110	190	350
Total Organik Karbon (TOC)	mg/L	80	140	260
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total sbg N)	mg/L	20	40	70
Organik	mg/L	8	15	25
Amoniak bebas	mg/L	12	25	45
Nitrit	mg/L	0	0	0
Nitrat	mg/L	0	0	0
Phospor (Total Sbg Phospor)	mg/L	4	7	12
Organik	mg/L	1	2	4
InOrganik	mg/L	3	5	10
Klorida	mg/L	30	50	90
Sulfat	mg/L	20	30	50
Minyak dan Lemak	mg/L	50	90	100
VOCs	mg/L	<100	100-400	>400
Total Coliform	No./100mL	10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>10</sup>
Fecal Coliform	No./100mL	10 <sup>3</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup> -10 <sup>8</sup>

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

### 2.3 Jenis - Jenis Pengolahan Limbah

Berdasarkan karakteristik limbah, proses pengolahan dapat digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu fisika, kimia, dan biologi.

#### a. Proses Fisika

Perlakuan terhadap air limbah dengan cara fisika, yaitu proses pengolahan secara mekanis dengan atau tanpa penambahan kimia. Proses - proses tersebut diantaranya adalah penyaringan, penghancuran, perataan air, penggumpalan, sedimentasi, pengapungan dan filtrasi.

#### b. Proses Kimia

Proses pengolahan secara kimia menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar di dalam limbah. Dengan adanya bahan kimia berarti akan terbentuk unsur baru dalam air limbah, yang mungkin berfungsi sebagai *katalisator*. Kegiatan yang termasuk dalam proses kimia diantaranya adalah pengendapan, klorinasi, oksidasi dan reduksi, netralisasi, ion exchanger dan desinfektan.

#### c. Proses Biologi

Proses pengolahan limbah secara biologis adalah memanfaatkan *mikroorganisme* (ganggang, bakteri, protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana dan dengan demikian mudah mengambilnya. Pengolahan ini terutama digunakan untuk menghilangkan bahan organik yang biodegradable dalam air buangan. Pengolahan biologis dapat dibedakan menurut pemakaian oksigennya, menjadi proses aerobik, anaerobic dan Fakultatif (Kristanto, 2002).



## 2.4 Pengolahan Air Limbah secara Biologi

Pengolahan limbah cair secara biologis memegang peranan yang sangat penting dalam penanganan limbah yang akan merombak bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah, mikrobia mempunyai penanganan yang tinggi dalam mendegradasi bahan organik, sehingga peranannya dalam limbah cair cukup besar (Sugiharto, 1987).

Prinsip pengolahan air buangan secara biologis dipusatkan pada mikroorganisme yang menggunakan material limbah organik sebagai bahan makanannya untuk mendukung perkembangbiakan bakteri, pembentukan energi-energi esensial. Pertumbuhan bakteri sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang ada di lingkungan perairan, seperti; jumlah oksigen terlarut, pH, suhu, adanya bahan-bahan toksik, jumlah dan material limbah, dan cahaya matahari.

Pengolahan limbah cair secara biologis merupakan pengolahan dengan memanfaatkan kegiatan mikroba untuk melakukan degradasi ataupun transformasi. Pengolahan air buangan secara biologi terjadi dalam tiga keadaan yaitu ; aerobik, anaerobik dan fakultatif.

Pengolahan air limbah secara biologi adalah suatu cara pengolahan yang bertujuan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme melalui proses biodegradasi (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003).

Proses pengolahan secara biologi ini dibagi menjadi tiga berdasarkan pendekatan :

## 1. Berdasarkan Lingkungan Proses Biologi

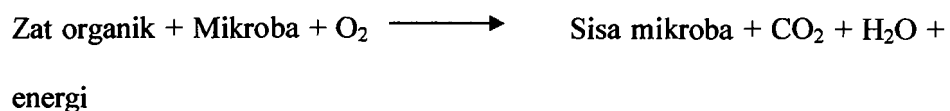
Proses pengolahan secara biologi merupakan sebuah proses biokimia yang berlangsung pada dua kondisi lingkungan utama, yaitu lingkungan aerob dan lingkungan anaerob.

### a. Lingkungan *Aerob*

merupakan lingkungan dimana oksigen terlarut dalam air terdapat cukup tersedia sehingga oksigen bukan merupakan faktor pembatas. Pada lingkungan ini oksigen bertindak sebagai akseptor elektron.

Proses biologis secara aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah mikroorganisme aerobik. Beberapa pengolahan limbah cair secara aerobik adalah lumpur aktif, trieling filter, kolam oksidasi, lagoon aerasi dan parit oksidasi (Jenie, B.S.I., 1995).

Senyawa – senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair dapat dipecahkan oleh mikroorganisme aerobik menjadi senyawa – senyawa yang tidak mencemari, dimana pemecahan ini berlangsung dalam suasana aerobik atau ada oksigen. Reaksi yang terjadi pada proses aerob sebagai berikut :



Pada teperatur 37° C proses berjalan baik dan kenaikan 10° C kecepatan bereaksi akan berlipat. pH antara 6,5-8,5 (Mahida, 1993).

b. Lingkungan *anaerob*

merupakan kebalikan dari lingkungan aerob, yaitu tidak terdapat oksigen terlarut atau ada tetapi dengan konsentrasi yang sangat rendah, sehingga menjadi faktor pembatas berlangsungnya proses aerob.

Pengolahan air buangan secara anaerobik yaitu proses penguraian air buangan dilakukan oleh mikroorganisme anaerobik, dalam kondisi tanpa oksigen. Bahkan mikroba yang bersifat obligat anaerobik tidak dapat hidup bila ada oksigen terlarut. Bakteri tersebut antara lain bakteri etan yang umumnya terdapat pada digester anaerobik dan *lagoon anaerobik*. Proses anaerobik memperoleh energi dari oksidasi bahan-bahan organik kompleks tanpa menggunakan oksigen terlarut, tetapi menggunakan senyawa-senyawa lain sebagai pengoksidasi, yaitu ; oksigen, karbon dioksida, senyawa-senyawa organik yang teroksidasi sebagian, sulfat dan nitrat (Jenie B. S. L., 1995).

Pengubahan asam organik menjadi gas metan menghasilkan sedikit energi, sehingga laju pertumbuhannya lambat. Laju pengurangan buangan organik pada proses anaerobik dan lumpur yang dihasilkan menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan proses pengolahan secara aerobik. Pada proses anaerobik sintesa sel lebih kecil sehingga nutrien yang dibutuhkan lebih sedikit bila dibandingkan dengan proses aerobik. Pada proses anaerobik ini keseluruhan dari prosesnya terdiri dari bakteri, sehingga stabilitasnya prosesnya mudah terganggu, karena itu perlu pengawasan yang ketat.

Menurut *Betty 1995*, Faktor – faktor yang harus diperhatikan pada proses anaerobik ini antara lain adalah keasaman, suhu, waktu retensi, toksisitas, dan bahan – bahan nutrisi yang diperlukan untuk proses.

- Keasaman

Keasaman (pH) berpengaruh jika terjadi perubahan besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi perlu dimonitor. Hal ini disebabkan karena antara lain pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti, bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH. Pengaturan pH biasanya dilakukan dengan penambahan basa atau kapur, hingga pH mencapai 6,5-7,5.

- Suhu

Penurunan suhu akan mengakibatkan gagalnya proses fermentasi, bakteri-bakteri anaerobik yang bersifat *mesofilik* biasanya dapat tumbuh pada suhu 20-45°C. Suhu yang optimum untuk proses fermentasi metana adalah sekitar 37-40°C. Sedangkan bakteri yang bersifat *termofilik* yaitu yang hidup pada kisaran suhu 50-65°C suhu optimumnya adalah 55°C. Hasil penelitian Hils dan kawan-kawan (1969) menunjukkan bahwa pada suhu diatas 40°C maka produksi metana akan menurun dengan tajam.

- Waktu Retesi

Waktu regenerasi bakteri metana umumnya mencapai 12 jam, sedangkan untuk bakteri yang bersifat fakultatif, waktu regenerasi hanya 0,3 jam atau

kurang. Waktu retensi minimum untuk proses anaerobik ini umumnya berkisar antara 2-6 hari.

- **Bahan-bahan nutrisi**

Bahan-bahan organik biasanya mengandung nutrisi yang cukup baik untuk pertumbuhan mikroba. Pada proses anaerobik ini, media yang mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur nitrogen, karbon, dan fosfat layak diperhatikan yaitu biasanya 150:55:1 bagian. Kekurangan nitrogen atau unsur fosfat dapat ditambah dari luar yaitu dengan penambahan amonium fosfat atau amonium klorida.

Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus selalu dimonitor. Hal ini disebabkan antara lain pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya, maka konsentrasi organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH, menurut (Benefield dan Randall 1980) pH yang baik untuk proses anaerobik berisar antara 6,0-8,5 dengan pH optimum 6,5-7,5.

Proses pengolahan biologis adalah proses pengolahan yang melibatkan mikroorganisme sebagai alat untuk menurunkan kadar air buangan. Untuk proses pengolahan biologis dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

a. proses pengolahan biologis secara aerobik

proses pengolahan biologis secara aerobik berarti proses pengolahan biologis yang melibatkan oksigen didalamnya.

b. proses pengolahan biologis secara anaerobik

Pengolahan dengan proses anaerobik telah lama digunakan untuk mengolah air buangan domestik maupun limbah industri. Pada proses ini bahan-bahan organik diubah menjadi gas methane. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat telah menciptakan pengolahan secara anaerobik dengan laju yang lebih cepat dengan menggunakan biofilm dan bioflok. Proses operasi demikian akan memperkecil *hidrolic retention time* (HRT) dengan beban COD yang besar. Biofilm yang digunakan menurut konfigurasi dapat dibedakan menjadi fixed bed, moving bed, fluidized bed, recycled bed, dan uplow anaerobik sludge blangket (UASB). Proses tersebut mempunyai HRT yang pendek (kurang dari 20 hari) dan beban organik loading yang tinggi, dengan demikian akan memperkecil ukuran reaktor, luas lahan dan biaya investasi (Bowo,2000)

Proses anaerobik pada hakekatnya adalah proses perubahan bahan buangan menjadi metana dan karbondioksida dalam keadaan hampa udara oleh aktivitas mikrobiologi. Konversi asam organik menjadi gas metana menghasilkan sedikit energi, sehingga laju pertumbuhan organisme lambat (Benefield, 1980).

proses pengolahan biologis secara aerobik berarti suatu proses biologis yang tanpa melibatkan oksigen didalamnya. Pada dekomposisi anaerobik hasil proses penguraian bahan organik memproduksi biogas yang

mengandung metana (50-70 %), CO<sub>2</sub> (25-45 %), dan sejumlah kecil unsur H<sub>2</sub>N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>S (Ye-Shi Cao, 1994).

Reaksinya dapat dijelaskan sebagai berikut :



*mikroorganisme*

Secara umum biasanya dekomposisi anaerobik ini dalam penguraiannya mengalami dua fase yaitu proses yang menghasilkan asam dan metana.

Proses penguraian bahan organik dengan sistem anaerobik berlangsung terus-menerus karena adanya proses pemutusan rantai-rantai polimer kompleks menjadi rantai-rantai sederhana yang dipengaruhi oleh kerja bakteri anaerob dan enzim-enzim, serta tanpa memerlukan oksigen. Penguraian secara anaerobik sering disebut fermentasi metan, karena proses penguraian bahan-bahan organik dengan produk akhirnya menghasilkan gas metan (Ibnu, 2002).

Proses anaerobik pada dasarnya merupakan proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas.

Analognya, proses ini meniru mekanisme proses yang terjadi pada perut binatang yaitu proses pencernaan secara anaerobik. Produk akhir dari proses fermentasi ini adalah gas metan (CH<sub>4</sub>) (Rahayu, 1993)

Mikroorganisme anaerob tertentu tidak hidup bila ada oksigen terlarut (obligat anaerob). Contoh mikroorganisme ini adalah bakteri metana yang umum ditemukan dalam digester anaerobik maupun filter anaerobik. Anaerob memperoleh energinya dari oksidasi bahan organik kompleks tanpa menggunakan oksigen terlarut, tetapi menggunakan senyawa-senyawa lain

sebagai pengoksidasi. Senyawa pengoksidasi selain oksigen yang dapat digunakan oleh mikroorganisme contohnya adalah karbon dioksida, sulfat, dan nitrat. Proses dimana bahan organik diurai tanpa adanya oksigen sering disebut fermentasi (Ibnu,2002)

Sebagian besar mikroorganisme dapat hidup baik dengan atau tanpa oksigen, hanya beberapa saja organisme adalah obligat anaerob atau aerob. Organisme yang hidup pada kondisi baik anaerobik maupun aerobik adalah organisme fakultatif. Apabila tidak ada oksigen dalam lingkungannya, mereka mampu memperoleh energi dari degradasi bahan organik dengan mekanisme anaerobik, tetapi bila terdapat oksigen terlarut, mereka akan memecah bahan organik lebih sempurna. Organisme dapat memperoleh energi lebih banyak dengan oksidasi aerobik daripada oksidasi anaerobik, sebagian besar mikroorganisme dalam proses pengolahan limbah secara biologik adalah organisme fakultatif (Ibnu,2002)

Fermentasi yang berlangsung secara anaerobik akan menghasilkan produk akhir pada kondisi pH netral. Contoh dari produk akhir tersebut adalah asam-asam volatil dengan berat molekul rendah seperti asetat dan laktat. Asam volatil dan alkohol tersebut dapat digunakan sebagai sumber energi atau sumber karbon oleh beberapa bakteri yang bersifat obligat anaerobik seperti halnya bakteri metana. Bakteri-bakteri ini dalam proses metabolismenya menghasilkan produk akhir berupa gas metan ( $\text{CH}_4$ ).



Berdasarkan substrat, bakteri yang aktif berperan dalam proses anaerobik ada 4(empat) jenis yaitu :

1. bakteri hidrolitik

berperan dalam menguraikan bahan organik dalam air buangan menjadi asam-asam organik, penguraian bakteri organik tersebut akan menghasilkan  $H_2$  dan  $CO_2$ .

2. Bakteri Acidogen (penghasil asam)

Mengubah asam-asam organik yang ada menjadi asam-asam volatil (asam-asam selain asetat) yaitu asam format.

3. Bakteri Acitogen (Pembentuk asam asetat)

Bakteri ini membentuk asetat tapi tidak membentuk metan dan karbondioksida.

4. Bakteri Methanogenik (Pembentuk metan)

Yakni hasil-hasil pada tahap acitogenesis dimanfaatkan untuk menghasilkan gas metan. Tahap ini merupakan langkah akhir dalam proses degradasi anaerobik. Bakteri pada tahap ini sangat sensitif dibandingkan dengan bakteri lainnya dalam sistem operasi anaerobik.

Proses fermentasi metana pada air limbah dapat menghasilkan komponen organik yang sangat beragam yang dapat dioksidasi oleh bakteri, karena bakteri metan yang aktif juga sangat beragam dan saling berinteraksi. Asam volatil akan pecah menjadi asam lainnya dengan berat molekul yang lebih kecil dan asam tersebut bertindak sebagai mediator-penyebab pembentukan metana (Ibnu,2002)

Laju fermentasi pada sistem anaerobik lazimnya selalu lebih rendah dibandingkan dengan sistem aerobik. Hal ini disebabkan karena kesetimbangan antara substrat dan produk sulit dipertahankan, yakni  $\text{CO}_2$  yang terbentuk yang akan mempengaruhi laju fermentasi tidak dapat keluar dari sistem sehingga terakumulasi dan meningkat, terutama bila laju pembentukan metana lambat. Contoh lainnya adalah sulitnya mengatur laju pembentukan metana yang sebanding dengan laju fermentasi asam. Methanbacterium umumnya tumbuh lebih lambat jika dibandingkan dengan bakteri yang dalam aktivitasnya akan membentuk asam. Waktu regenerasi bakteri metana umumnya mencapai 12 jam, sedangkan untuk bakteri yang bersifat fakultatif, waktu regenerasi hanya 0,3 atau kurang (Ibnu,2002)

Sebagai akibat menurunnya oksigen terlarut didalam air adalah menurunnya kehidupan hewan dan tanaman air. Hal ini disebabkan karena makhluk-makhluk hidup tersebut banyak yang mati atau melakukan migrasi ke tempat lain yang konsentrasi oksigennya masih cukup tinggi. Jika konsentrasi oksigen terlarut sudah terlalu rendah, maka mikroorganisme aerobik tidak dapat hidup dan berkembang biak, tetapi sebaliknya mikroorganisme yang bersifat anaerobik akan menjadi aktif memecah bahan-bahan tersebut secara anaerobik karena tidak adanya oksigen.

Tabel 2.3 Hasil produk pemecahan komponen anaerobik dan aerobik

Kondisi aerobik	Kondisi anaerobik
C $\longrightarrow$ $\text{CO}_2$	C $\longrightarrow$ $\text{CH}_4$
N $\longrightarrow$ $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3$	N $\longrightarrow$ $\text{NH}_3 + \text{amin}$
S $\longrightarrow$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	S $\longrightarrow$ $\text{H}_2\text{S}$
P $\longrightarrow$ $\text{H}_3\text{PO}_4$	P $\longrightarrow$ $\text{PH}_3 + \text{komponen fosfor}$

(Sumber : Ibnu, 2002)

Senyawa-senyawa hasil penguraian secara aerobik seperti amin, H<sub>2</sub>S dan komponen fosfor mempunyai bau yang menyengat, misal amin berbau anyir sedangkan H<sub>2</sub>S berbau busuk. Oleh karena itu perubahan badan air dari kondisi aerobik menjadi anaerobik tidak dikehendaki.

Beberapa alasan yang dapat dipakai untuk penggunaan proses anaerobik dalam pengolahan limbah antara lain adalah kegunaan dari produk akhirnya, stabilisasi dari komponen organik dan memberikan karakteristik tertentu pada daya ikat air produk yang menyebabkan produk dapat dikeringkan dengan mudah.

Perbedaan antara proses anaerobik dan aerobik dalam pengolahan air limbah dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Perbedaan Proses Anaerobik dan Aerobik

Parameter	Anaerobik	Aerobik
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebutuhan Energi</li> <li>• Efisiensi pengolahan</li> <li>• Produksi lumpur</li> <li>• Stabilitas proses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendah</li> <li>• Moderat (60-80%)</li> <li>• Sedikit</li> <li>• Moderat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensif</li> <li>• Tinggi (&gt;90%)</li> <li>• Tinggi</li> <li>• Tinggi</li> </ul>
terhadap bahan toxic dan perubahan beban <ul style="list-style-type: none"> <li>• Waktu Start up</li> <li>• Kebutuhan nutrien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3-6 bulan</li> <li>• Rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -3 minggu</li> <li>• Tinggi untuk limbah industri tertentu</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau</li> <li>• Komposisi biomassa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potensia</li> <li>• 4 tahap oleh bakteri yang berbeda</li> <li>• Diubah ke biogass</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sedikit</li> <li>• 1 bakteri</li> <li>• Diubah ke biomass</li> </ul>

Sumber: Bowo,2000

## 2. Berdasarkan Biotransformasi

- a. Penyisihan bahan organik terlarut. Pada proses biodegradasi, bahan organik terlarut merupakan sumber makanan konsentrasinya telah berkurang.
- b. Stabilisasi bahan organik yang tidak terlarut. Pada proses ini akan dihasilkan padatan anorganik dan residu organik yang tidak terlarut yang relatif resistan terhadap aktifitas biologi selanjutnya serta memiliki karakteristik yang serupa humus. Pada proses anaerob dihasilkan gas metan.
- c. Konversi bahan anorganik terlarut. Konversi bahan anorganik satu menjadi kedua seperti pada proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Pada proses nitrifikasi, nitrogen ammonium dikonversi menjadi nitrit dan nitrat dalam lingkungan aerob. Proses denitrifikasi, nitrat sebagai akseptor elektron dikonversi menjadi  $N_2$ .

## 3. Berdasarkan Konfigurasi Reaktor. Berdasarkan kondisi pertumbuhan mikroorganisme, terdiri dari :

- a. Reaktor Pertumbuhan Tersuspensi (*suspended growth reactor*)

Dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi dalam fase cair. Umumnya reaktor pertumbuhan tersuspensi digunakan untuk pengolahan sekunder (*secondary treatment*) seperti Lumpur Aktif, Lagon Aerasi, dan kolam stabilisasi (Qasim, 1985).

Menurut Jenie (1995), pertumbuhan tersuspensi merupakan istilah campuran antara organisme dengan limbah organik. Pertumbuhan tersuspensi dapat terjadi pada reaktor aerob maupun anaerob. Mikroorganisme mampu

membentuk gumpalan menjadi masa flokulan dan mampu bergerak dalam aliran cairan. Contoh dari pertumbuhan tersuspensi yaitu unit lumpur aktif, lagoon aerasi, parit oksidasi, dan digester anaerobik yang tercampur baik.

Didalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi, proses lumpur aktif yang banyak dikenal langsung dalam reaktor jenis ini. Proses lumpur aktif berkembang terus dengan berbagai modifikasi. Proses lumpur aktif dengan berbagai modifikasi ini mampu memurnikan BOD, COD dengan efisiensi 75-95%. (Sugiharto, 1987).

b. Reaktor Pertumbuhan Melekat (*attached growth reactor*)

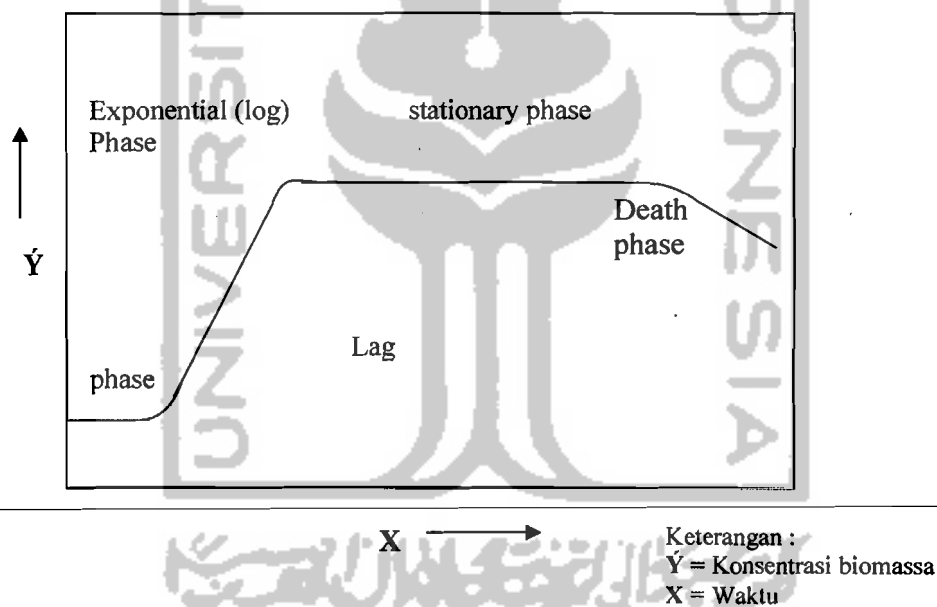
Dalam reaktor pertumbuhan melekat, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan melekat pada suatu media dengan membentuk lapisan biofilm. Dalam reaktor pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*), populasi dari mikroorganisme yang aktif berkembang disekeliling media padat (seperti batu dan plastik). Mikroorganisme yang tumbuh melekat ini akan menstabilisasi bahan organik pada air buangan yang lewat disekitar mereka. Contoh reaktor ini yaitu Trickle Filter dan Rotating Biological Contactors (RBC) (Qasim, 1985).

Menurut Jenie (1995), pertumbuhan mikrobia akan melekat bila mikrobia tersebut tumbuh pada media padat sebagai pendukung dari aliran limbah yang kontak dengan mikroorganisme. Media pendukung antara lain batu-batu besar, karang, lembar plastik bergelombang, atau cakram berputar. Contoh unit pertumbuhan melekat untuk pengolahan limbah cair adalah filter yang menetes atau trickle filter, cakram biologi berputar dan filter anaerobik.

## 2.5 Pertumbuhan Mikroorganismen

Populasi pertumbuhan mikroba dipelajari dengan menganalisis kurva pertumbuhan dari sebuah kultur media (Prescott, 1999). Teknik evaluasi suatu populasi mikroba baik secara kuantitatif maupun kualitatif dapat digunakan untuk memantau dan mengkaji fenomena pertumbuhan (Mangunwidjaja, 1994).

Menurut (Prescott 1994) pertumbuhan mikroorganismen dapat diplotkan sebagai logaritma dari jumlah sel dengan waktu inkubasi. Dari hasil kurva terdiri dari empat fase (gambar 2.1).



Gambar 2.1. Kurva Pertumbuhan Mikroba pada Sistem Tertutup  
 Sumber : Prescott, 1999

### ➤ Fase awal (*Lag phase*)

Ketika mikroorganismen diperkenalkan kepada media kultur segar, biasanya tidak ada penambahan jumlah sel atau massa, periode ini disebut fase awal.

Fase awal (*lag*) merupakan masa penyesuaian mikroba, sejak inokulasi sel mikroba diinokulasikan ke mediabiakan. Selama periode ini tidak terjadi penangkaran sel (Mangunwidjaja, 1994). Oleh karena itu :

$$X = X_0 = \text{tetap}$$

dengan  $X_0$  = Konsentrasi sel, pada  $t = 0$

Laju pertumbuhan sama dengan nol.

➤ Fase Ekponensial (*Exponential phase*)

Menurut fase Ekspensial, mikroorganisme tumbuh dan terbagi pada angka maksimal. Pada fase ini pertumbuhannya adalah konstan mengikuti fase ekponensial. Mikroorganisme terbagi dan terbelah di dalam jumlah pada interval regular.

➤ Fase Stasioner (*Stationary phase*)

Fase ini yaitu ketika populasi pertumbuhan berhenti dan kurva pertumbuhan menjadi horizontal.

Pada fase stasioner, konsentrasi biomassa mencapai maksimal, pertumbuhan berhenti dan menyebabkan terjadinya modifikasi struktur biokimiawi sel (Mangunwidjaja, 1994).

➤ Fase kematian (*Death phase*)

Kondisi lingkungan yang merugikan mengubah seperti penurunan nutrient dan menimbulkan limbah racun, mengantarkan berkurangnya jumlah dari sel hidup sehingga menyebabkan kematian.

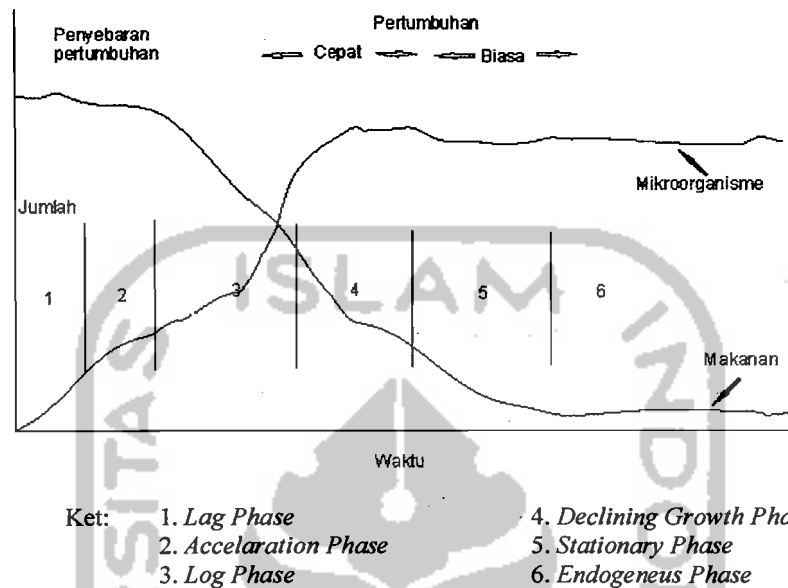
- **Pertumbuhan Bakteri dalam Bak Reaktor**

Bakteri diperlukan Untuk menguraikan bahan organik yang ada didalam air limbah. Oleh karena itu diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk menguraikan bahan-bahan tersebut. Bakteri tersebut akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung didalamnya 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 sebagai *lag phase*. Setelah beberapa saat berjalan, bakteri akan tumbuh berlipat ganda dan fase ini disebut fase akselerasi (*accelarastion phase*). Setelah tahap ini maka terdapat bakteri yang tetap dan bakteri yang terus meningkat jumlahnya. Pertumbuhan yang cepat setelah fase ini disebut sebagai *log phase*. Selama *log phase* diperlukan banyak persediaan makanan, sehingga suatu saat terdapat pertemuan antara pertumbuhan bakteri yang meningkat dan penurunan jumlah makanan yang terkandung didalamnya. Apabila tahap ini berjalan terus, maka akan terjadi keadaan dimana jumlah bakteri dan makanan tidak seimbang dan keadaan ini disebut sebagai *declining growth phase*. Pada akhirnya makanan akan habis dan kematian bakteri akan terus meningkat sehingga dicapai suatu keadaan dimana jumlah bakteri yang mati dan tumbuh akan berimbang yang dikenal sebagai *statinary phase*.

Setelah jumlah makanan habis digunakan, maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhan keadaan ini disebut *endogeneous phase*, dan pada saat ini bakteri menggunakan energi simpanan ATP untuk pernapasannya sampai ATP habis dan kemudian akan mati (Sugiharto,1987)



Kurva pertumbuhan bakteri dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Kurva Pertumbuhan Bakteri Pada Bak Reaktor  
Sumber: Sugiharto, 1987

- Lapisan *Biofilm*

*Biofilm* terdiri dari sel-sel mikroorganisme yang melekat erat ke suatu permukaan sehingga berada dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah tempat (*irreversible*). Pelekatan ini seperti pada bakteri disertai oleh penumpukan bahan-bahan organik yang diselubungi oleh matrik *polimer ekstraseluler* yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Matrik ini berupa struktur benang-benang bersilang satu sama lain yang dapat berupa perekat bagi *biofilm* (Yung, 2003).

*Biofilm* terbentuk karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditemeli. Interaksi ini terjadi dengan adanya faktor-faktor yang meliputi kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, pembentukan matrik *ekstraseluler* (exopolimer) yang terdiri dari *polisakarida*, faktor-faktor fisikokimia seperti interaksi muatan

permukaan dan bakteri, ikatan ion, ikatan Van Der Waals, pH dan tegangan permukaan serta pengkondisian permukaan. Dengan kata lain terbentuknya *biofilm* adalah karena adanya daya tarik antara kedua permukaan (*psikokimia*) dan adanya alat yang menjembatani pelekatan (*matrik eksopolisakarida*) (Yung, 2003).

*Biofilm* melibatkan serangkaian mekanisme biologis dimana tidak mudah untuk menunjukkan mekanisme yang tepat dan yang mendukung penghilangan *E.coli* tersebut, saat sistem beroperasi dalam berbagai mekanisme. Mekanisme biologis diantaranya:

- a. Predasi/predator, dimana mikrobiologi dalam *biofilm* mengkonsumsi bakteri dan patogen-patogen lain yang ditemukan dalam air (misalnya penyapuan bakteri oleh protozoa).
- b. Kematian alami/inaktivasi, sebagian besar organisme akan mati dalam lingkungan yang relative berbahaya karena meningkatnya kompetisi. Sebagai contoh: ditemukan bahwa jumlah *E.coli* menurun segera saat di dalam air.
- c. Pengolahan ini menuntut aliran yang terus-menerus untuk memberikan pemasukan oksigen yang konstan ke *biofilm* (Yung, 2003).

## 2.6 Chemical Oxygen Demand (COD)

Menurut *Metcalf and Eddy*. (1991). COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi, dihitung dengan menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam.

### Perbedaan COD dan BOD (Benefield, 1980)

1. Angka BOD adalah jumlah komponen organik biodegradable dalam air buangan, sedangkan tes COD menentukan total organik yang dapat teroksidasi, tetapi tidak dapat membedakan komponen biodegradable / non biodegradable.
2. Beberapa substansi inorganic seperti sulfat dan tiosulfat, nitrit dan besi ferrous yang tidak akan terukur dalam tes BOD akan teroksidasi oleh kalium dikromat, membuat nilai COD - inorganic yang menyebabkan kesalahan dalam penetapan komposisi organik dalam laboratorium.
3. Hasil COD tidak tergantung pada aklimasi bakteri, sedangkan hasil tes BOD sangat dipengaruhi aklimasi seeding bakteri.

*Chemical oxygen demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak sama semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1976).

COD ini secara khusus bernilai apabila BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun. Waktu pengukurannya juga lebih singkat dibandingkan pengukuran BOD. Namun demikian bahwa BOD dan COD tidak menentukan hal yang sama dan karena itu nilai-nilai secara langsung COD tidak dapat dikaitkan dengan BOD. Hasil pengukuran COD tidak dapat membedakan antara zat organik yang stabil dan yang tidak stabil. COD tidak dapat menjadi

petunjuk tentang tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis COD dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang zat-zat arang yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat – zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. (G. Alaerts, 1984).

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air dapat dilakukan suatu uji yang lebih cepat dibandingkan dengan uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan *oksidan* yang disebut uji COD. Uji COD yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan *oksidan* seperti *kalium dikromat* yang digunakan untuk mengoksidasi bahan – bahan organik yang terdapat didalam air.

COD atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada didalam air dapat *teroksidasi* melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh *kalium bichromat* ( $K_2Cr_2O_2$ ) sebagai sumber oksigen menjadi gas  $CO_2$  dan  $H_2O$  serta sejumlah ion chro. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik.

Air yang telah tercemar limbah organik sebelum reaksi oksidasi berwarna kuning, dan setelah reaksi oksidasi berubah menjadi warna hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap limbah organik seimbang dengan jumlah *kalium bichromat* yang digunakan pada reaksi oksidasi. Makin kalium bichromat yang digunakan pada reaksi oksidasi, berarti semakin banyak oksigen yang diperlukan.

Uji COD pada umumnya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji BOD, karena bahan – bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. *Selulosa* adalah salah satu contoh yang sulit diukur melalui uji BOD karena sulit dioksidasi melalui reaksi biokimia, akan tetapi dapat diukur melalui uji COD. (Pramudya, 2001).

Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dengan BOD dapat ditetapkan seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Perbandingan Rata-rata angka BOD<sub>5</sub> / COD untuk beberapa jenis air

Jenis Air	BOD <sub>5</sub> / COD
○ Air buangan domestik	0,4 – 0,6
○ Air buangan domestik setelah pengendapan primer	0,6
○ Air buangan domestik setelah pengolahan biologis	0,2
○ Air sungai	0,1

( Sumber : Metode Penelitian Air, 1984 )

## 2.7 Bakteri *E. Coli*

Berbagai mikrobia patogen seringkali ditularkan melalui air yang tercemar sehingga dapat menimbulkan penyakit pada manusia maupun hewan. Mikrobia ini biasanya terdapat dalam saluran pencernaan dan mencemari air melalui tinja. Mikrobia asal tinja yang sering menyebabkan penyakit yang ditularkan melalui air (water-borne disease) mencakup *Salmonella typhi*, *Shigella spp*, *Salmonella paratyphi*, dan *Vibrio cholerae*. Disentri yang disebabkan oleh *Campylobacter jejuni* dan *Eschericia coli* dapat pula ditularkan melalui air (Lay, 1995).

Keragaman mikroba yang dapat menimbulkan penyakit ini menyebabkan para ahli mencari indikator untuk menunjukkan adanya mikroba patogen sehingga dapat diketahui kualitas mikrobiologi atau sanitasi air. Sebagai indikator banyak

digunakan kelompok *coliform*, meskipun dapat digunakan indikator lainnya (Lay, 1995).

Yang dimaksud golongan *coliform* adalah bakteri batang Gram negatif, tidak membentuk spora, dan fakultatif anaerobik, tumbuh dengan adanya garam empedu, dan memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan asam dan gas pada suhu 37°C, oksidase negatif.

*Bakteri Coli* merupakan salah satu bakteri yang tergolong dan hidup normal pada saluran pencernaan manusia dan hewan sehingga di sebut juga *Coliform Fecal*. Kemungkinan-kemungkinan terjadi pertumbuhan *E. Coli* dapat pada cucian, kulit, kolam renang yang kotor dan lain-lain. Coli tinja yang dipakai sebagai indikator kontaminasi tinja selain berasal dari kotoran / tinja manusia juga berasal dari kotoran hewan berdarah panas seperti mamalia dan burung (Lay, 1994).

Bakteri-bakteri patogen ada bermacam bakteri-bakteri patogen ada bermacam-macam dan konsentrasinya agak rendah, hal ini menyebabkan bakteri-bakteri tersebut susah dideteksi. Analisa mikrobiologi untuk bakteri tersebut berdasarkan "organisme petunjuk" (Bioindicator). Bakteri bakteri ini menunjukkan adanya pencemaran oleh tinja manusia dan hewan berdarah panas, dan mudah dideteksi. Dengan demikian bila organisme petunjuk tersebut ditemui dalam sample air, berarti air tersebut mengandung bakteri patogen. Bakteri jenis *Escherichia Coli* merupakan petunjuk yang paling efisien, karena *E.coli* tersebut hanya dan selalu terdapat dalam tinja. Hanya sebagian dari total coli terdiri dari *E.coli* yang berasal dari tinja dan lainnya terdiri dari bakteri yang berasal dari tanah seperti *Aerobacter Coli*. Oleh sebab itu tes *E.coli* merupakan anjuran untuk tes mikrobiologi.

*E.Coli* yang umumnya menyebabkan diare terjadi di seluruh dunia. *E.coli* ini di klasifikasikan berdasarkan sifat karakteristik dari Virulensinya dan tiap kelompok menyebabkan penyakit dengan mekanisme yang berbeda. *E.coli* merupakan suatu organisme yang tidak berbahaya yang biasanya hidup di dalam saluran usus manusia dan hewan.

Pemakaian bakteri *coliform* dalam analisis bakteriologi air didasarkan pertimbangan-pertimbangan antara lain :

- a) Bakteri *coliform* berasal dari/banyak terdapat dalam kotoran manusia (binatang berdarah panas).
- b) Terdapat dalam jumlah yang sangat banyak dan mudah cara mengidentifikasinya.
- c) Lebih tahan hidup di udara terbuka, agak lama dibandingkan dengan kuman-kuman patogen.

Pemeriksaan golongan Coli (*coliform bakteri*) dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Dengan cara "*the multiple tube fermentation technique*".

Ada tiga tahap pemeriksaan yaitu *presumptive test*, *confirm test* dan *completed test*.

- a. *Presumptive test* (test pendugaan) :

*Presumptive test* didasarkan atas kenyataan bahwa *Coliform bakteri* dapat meragikan laktose dengan membentuk gas. Kedalam tabung laktose yang didalamnya terdapat medium laktose dan tabung Durham yang terbalik dituangkan contoh air yang akan diperiksa. Kemudian dieramkan selama 2 x 24 jam pada temperatur  $35^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Jika dalam waktu 2 x 24 jam terbentuk gas pada tabung Durham, maka *presumptive test* dinyatakan positif yang berarti air yang diperiksa tersebut diduga mengandung *Coliform bakteri*.

Sebaliknya bila tidak terbentuk gas dinyatakan *presumptive test* negatif yang berarti air tidak mengandung Coliform. Jika terjadi *presumptive test* positif, maka dilanjutkan dengan *confirm test* untuk memastikan adanya Coliform di dalam contoh air tersebut.

b. *Confirm test* (tes penegasan) :

Pada *Confirm test* digunakan medium : “*Brilliant Green Laktose Bile Broth* (BGLB)”, “*Eosin Metylene Blue Agar* (EMB)” atau Endo Agar.

Semua contoh air dari *presumptive test* positif dipindahkan ke dalam tabung yang berisi BGLB atau digeserkan ke dalam cawan Petri berisi EMB atau Endo agar. Jika dalam tabung BGLB ternyata terdapat gas setelah dieramkan selama 2 x 24 jam pada temperatur  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , maka *confirmed test* dinyatakan positif.

Demikian pula bila di dalam medium EMB atau Endo agar terdapat koloni yang tersangka, setelah dieramkan selama 24 jam pada  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  maka test disebut positif.

c. *Completed test* (test lengkap) :

Pada *completed test* digunakan medium : EMB endo agar dan laktose builyon serta agar miring. Semua contoh air dari *confirmed test* positif dilanjutkan dengan *completed test*. Contoh air dari *confirmed test* dengan BGLB digeserkan di atas EMB atau Endo agar, kemudian dieramkan pada  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Dicari koloni *Coliform bakteri* dalam setiap lempeng. Jika ditemukan koloni tersangka, maka dipindahkan ke laktose builyon dan agar miring, kemudian dieramkan pada  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam atau 48 jam. Dari agar miring dibuat sediaan dan dicat menurut gram



untuk melihat adanya spora. *Completed test* dinyatakan positif bila terbentuk gas dalam medium laktose dan bersifat gram negatif serta tidak membentuk spora. Jika di dalam medium laktose tidak terbentuk gas dalam waktu 48 jam, test dinyatakan negatif. Demikian pula apabila tidak ada koloni yang tersangka pada EMB atau Endo agar, dinyatakan test negatif.

Khusus untuk pemeriksaan kuman golongan Coli yang berasal dari tinja (*fecal Coliform*) dilakukan sebagai berikut :

Suhu inkubasi dinaikkan untuk memisahkan kuman golongan Coli yang berasal dari tinja (*fecal Coliform*) dengan kuman golongan Coli yang tidak berasal dari tinja (*non fecal Coliform*). Semua tabung dari test perkiraan (*presumptive test*) yang positif dipindahkan ke dalam tabung-tabung yang berisi medium *Boric Acid Laktose Broth* (BALB) yang telah dipanaskan terlebih dahulu, kemudian diinkubasikan pada suhu  $43^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  selama  $48 \pm 3$  jam. Jika dalam waktu  $48 \pm 3$  jam terbentuk gas dalam tabung peragian, dinyatakan positif dan menunjukkan adanya kuman golongan Coli tinja (*fecal Coliform*) dalam contoh air yang diperiksa.

Hasil pemeriksaan kuman golongan Coli (*Coliform*) dengan cara *multiple tube fermentation technique* dinyatakan dengan indexs MPN (*Most Probable Number*) yaitu perkiraan terdekat jumlah kuman golongan Coli. Indexs MPN merupakan indexs dari jumlah golongan Coli yang paling mungkin, yang berarti bukan perhitungan yang sebenarnya.

2) Dengan cara "*the membrane method*".

Cara *membrane method* dikembangkan oleh Jerman selama Perang Dunia kedua. Contoh air yang diperiksa disaring melalui cawan yang di dalamnya

terdapat saringan (membran saringan). Setelah penyaringan, membran saringan diletakkan terbalik di atas absorbent yang berisi medium Endo dengan konsentrasi tinggi, kemudian diinkubasikan selama 20 jam pada suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Apabila tumbuh koloni dengan ciri-ciri warna gelap, jingga, mempunyai kilat logam, maka dapat dipertimbangkan bahwa koloni tersebut berasal dari kuman golongan Coli. Jumlah koloni dihitung sehingga dapat periksakan jumlah kuman golongan Coli per 100 ml contoh air.

Media adalah kumpulan zat-zat organik maupun anorganik yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri dengan syarat-syarat tertentu, dalam rangka isolasi, memperbanyak penghitungan, dan pengujian sifat fisiologik suatu mikroorganisme.

Untuk mendapatkan suatu lingkungan kehidupan yang cocok bagi pertumbuhan bakteri, maka syarat-syarat media, pembuatan media harus memenuhi dalam hal:

1. Susunan makanan. Media yang digunakan untuk pertumbuhan harus mengandung air, sumber karbon, sumber nitrogen, mineral, vitamin, dan gas.
2. Tekanan osmose. Bakteri membutuhkan media yang isotonis.
3. Derajat keasaman (pH). Bakteri membutuhkan pH sekitar 7 atau netral.
4. Temperatur. Umumnya bakteri patogen membutuhkan temperatur sekitar  $37^{\circ}\text{C}$ , sesuai dengan suhu tubuh.
5. Sterilitas. Apabila media yang digunakan tidak steril maka sulit dibedakan dengan pasti apakah bakteri tersebut berasal dari material yang diperiksa atau hanya merupakan kontaminan. Untuk mendapatkan media yang steril maka setiap tindakan (pengambilan sampel, penuangan media) serta alat-alat yang

digunakan (tabung, petri) harus steril dan dikerjakan secara aseptik. Dengan sterilisasi, bakteri dan kuman akan di basmi semua. Baik botol, cawan Petri, pipet, penyumpit, tutup botol maupun bahan kimia dapat tercemar oleh bakteri yang dipindahkan melalui sidik jari, air liur dan debu yang terbawa angin. Agar supaya bakteri tersebut ini tidak mengganggu hasil tes mikrobiologi pada sample air, maka semua peralatan dan bahan kimia yang akan berhubungan dengan sampel air dan media perlu di sterilkan dengan baik (Metoda Penelitian Air, 1984).

## **2.8 Pengolahan Air Buangan dengan Reaktor *Fluidized Bed***

Pemikiran mengenai reaktor fluidisasi sesungguhnya telah muncul sejak 1926, akan tetapi pengembangannya untuk tujuan pengolahan air buangan baru dimulai pada dekade tujuh puluhan. Dengan menggunakan media pendukung yang berukuran kecil, akan diperoleh luas permukaan yang jauh lebih besar per satuan volume sehingga diharapkan total biomassa yang tumbuh diatas permukaannya tumbuh menjadi lebih banyak. Dengan demikian efisiensi penyisihan substrat akan menjadi lebih baik. Berbeda dengan reaktor biofilm tetap yang telah dikembangkan sebelumnya (trickling filter dan RBC ), proses pengolahan dengan reaktor terfluidasi dapat berlangsung secara aerob dan anaerob tergantung desain yang dikehendaki. *Fluidized bed* yang aerob dikenal juga dengan nama fluidisasi tiga fasa (fasa cair, solid, dan gas) sampai saat ini masih terbatas pada pengembangan skala laboratorium. Sedangkan *fluidized bed* yang anaerob sudah mulai diaplikasikan di negeri Belanda walau masih belum dilakukan pengembangan secara komersial.

Pada reaktor *Fluidized bed* banyak biomassa menempel pada media yang berukuran kecil sebagai biofilm. Biomassa yang menyelimuti partikel media berada pada kondisi terfluidasi atau terekspansi (bergerak melayang-layang) secara vertikal, dengan aliran keatas (*upflow*). Besarnya kecepatan vertikal dicapai dengan mengatur besarnya tingkat resirkulasi. Dalam hal ini ukuran dan densitas media akan menentukan apakah system operasi stabil dan ekonomis. Partikel yang berukuran kecil akan memberikan luas permukaan yang lebih besar yang berguna sebagai tempat menempel biofilm. Partikel kecil juga akan dapat diekspansi pada kecepatan *upflow* yang lebih rendah dengan mengurangi laju resirkulasi (Elinda, 2004)

Kadang-kadang, *fluidized beds* dipakai dalam pengolahan air dan pengolahan air limbah lanjut (*advanced treatment of wastewater*). *Fluidized bed* terdiri dari bed padat *granular adsorbent*. Cairan mengalir ke atas melalui *bed* dengan arah vertikal. Pada bagian atas zat padat, terdapat suatu *interface* khas antara zat padat dengan cairan effluen. Keuntungan utama *fluidized bed* yaitu bahwa cairan dengan kandungan zat tersuspensi yang dapat diapresiasi dapat diberi pengolahan *adsorption* tanpa menyumbat *bed*. Biasanya, *fluidized bed* bekerja dengan cara terus menerus (reynol, 1996).

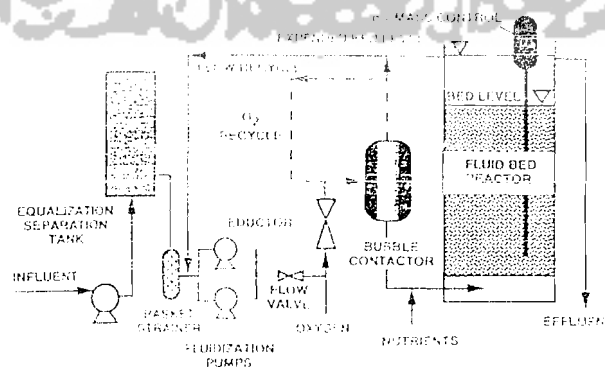
*Fluidized bed* bekerja dengan *upflow* untuk mengekspansi media pendukung yang menahan *biofilm*. Kekuatan tarik/*drag force* yang diakibatkan oleh *fluid flow* terhadap media pendukung menghasilkan ekspansi bed. Ketika tebal biomasa bertambah dalam media *fluidized bed*, dapat terjadi perbedaan signifikan dalam diameter efektif dan *settling velocity*. Rancangan reaktor harus mendistribusikan dan mengontrol aliran *influent*, sehingga perubahan densitas dalam media bed sangat berpengaruh (John, 1995)

Kelebihan dari reaktor *fluidized-bed* adalah kecilnya masalah penyumbatan (*clogging problem*) daripada sistem *packed-bed*. *Clogging problem* seringkali lebih bersifat kimiawi daripada biologis. Pada banyak air limbah, kondisi *aerobic* lebih mudah dipertahankan pada *fluidized bed*. Kerugian utama yaitu lebih besarnya *mixing* vertikal pada *fluidized bed* dibandingkan *packed-bed*. Limbah dengan kapasitas besar, maka perlu banyak reaktor yang harus digunakan.

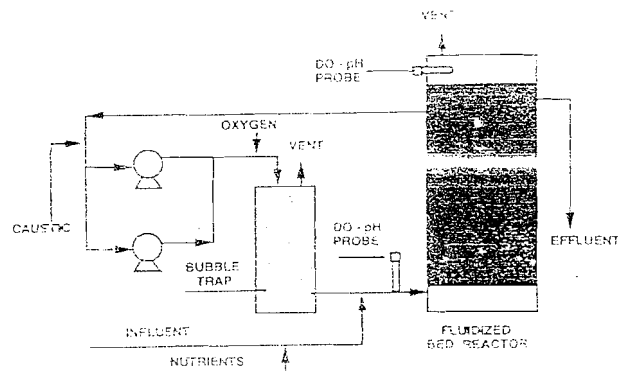
Reaktor *fluidized-bed* bergantung pada melekatnya partikel mikroorganisme yang dipertahankan dalam suspensi oleh satu tingkat arus fluida ke atas yang tinggi yang akan diolah. Pada beberapa kasus tertentu, *fluidized bed* disebut suatu reaktor *expanded-bed* atau reaktor *circulating-bed*. Partikel-partikel itu sering dinamakan sebagai *biofilm carrier*. *Fluidized carrier* dapat berupa butiran pasir, *granular activated carbon* (GAC), tanah *diatomaceous*, benda padat kecil lainnya yang resisten terhadap abrasi. Kecepatan ke atas (*upflow velocity*) fluida harus cukup untuk mempertahankan *carrier* dalam suspensi, dan hal ini bergantung pada densitas yang berkaitan dengan air, diameter dan bentuk *carrier*, serta jumlah biomasa yang melekat. Biasanya, pertumbuhan biomasa meningkatkan ukuran *carrier* efektif, namun mengurangi densitasnya. *Carrier* dengan banyaknya jumlah biomasa melekat cenderung lebih ringan dan bergerak lebih tinggi dalam reaktor. Hal ini menghasilkan keuntungan untuk membersihkan *carrier* dengan pertumbuhan biologis yang berlebihan, ketika mereka masuk ke bagian-bagian atas dari reaktor, di mana terjadi pemisahan dan pembersihan dari bed. Setelah dimasukkan lagi, *carrier* yang telah dibersihkan turun ke bagian lebih rendah dari reaktor, sampai biofilm tumbuh kembali.

Salah satu keuntungan utama *fluidized bed* yaitu perlunya mengontrol dengan seksama *bed fluidization*. Velositas fluida ke atas harus cukup untuk fluidisasi, tetapi tidak sedemikian tinggi sehingga *carrier* terbasuh dari reaktor. Menurut jenis *carrier fluidized* yang digunakan, pelepasan *biofilm* dapat menjadi besar karena abrasi dan turbulensi. Hal ini mengecualikan pemakaian jenis-jenis *carrier* untuk mikroorganisme yang memiliki tingkat pertumbuhan rendah. Transfer oksigen dapat juga bermasalah dengan aplikasi aerobik untuk air limbah yang memiliki konsentrasi lebih tinggi. Seringkali, daur ulang efluen dipakai untuk oksigenasi dan melarutkan air limbah, maupun untuk menjaga tingkat upflow yang konstan. Reaktor *fluidized-bed* dapat dipakai untuk denitrifikasi dan pengolahan limbah anaerobik, sebagai proses yang tidak membutuhkan transfer oksigen. Reaktor ini juga baik untuk mengolah air secara aerobik yang mengandung konsentrasi pencemar organik yang sangat rendah, seperti untuk penghilangan hidrokarbon aromatik dalam air tanah yang tercemar. (Bruce, 1997)

Bentuk dari pemakaian rangkain *fluidized* berbeda-beda, sesuai dengan pengolahan yang akan dilakukan. Sistem aliran dari *fluidized bed* dapat dilihat seperti Gambar 2.3 dan 2.4.



Gambar 2.3 Diagram Alir Proses *Fluidized Bed*



Gambar 2.4 Diagram Alir Proses *Fluidized Bed* Untuk meremoval Methyl Chloride  
Sumber: (John, 1995)

Pemakaian reaktor ditentukan oleh berbagai hal, antara lain karakteristik limbah, perencanaan lokasi, dan kualitas dari pemeliharaan. Type reaktor berdasarkan efisiensi, *hidrolic retention time* (HRT) dan beban organik dapat dilihat pada Tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6 Type reaktor berdasarkan efisiensi, HRT dan beban organik

Tipe reaktor	Beban Organik (kg COD/m <sup>3</sup> .hari)	HRT (hari)	% COD Removal
• <i>Anaerobic Lagoon</i>	0,1-0,5	1-20	35-75
• <i>Imhoff tank (10<sup>0</sup> C)</i>	0,3	20-50	35-65
• <i>Contac Prosess</i>	205	0,5-5	70-90
• <i>Ekspanded Bed/ Fluidized Bed</i>	1-20	<1	80-85
• UASB - <i>low strenght</i> - <i>High streng</i>	<5 5-20	0,3-0,5 2-10	65-80 70-85

Sumber : S.Vecnstra

Reaktor *Fluidized bed* yang merupakan alternatif pengolahan limbah, memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya antara lain:

- Dapat digunakan untuk beban organik yang tinggi
- *hidrolic retention time* (HRT) yang relatif singkat

- Sesuai untuk berbagai jenis limbah
- Dengan menggunakan butiran karbon aktif dapat menahan limbah
- Tidak sensitif terhadap *shock loads*
- Tidak membutuhkan area yang luas.

Sedangkan kekurangan dari pemakaian *Fluidized bed* adalah:

- Sukarnya Proses *start up*
- Dibutuhkan energi yang tinggi untuk fluidisasi
- Sukar untuk mengontrol ketinggian bed
- Sukar untuk mendesain reaktor
- Besarnya biaya untuk media

## 2.9 Septik Tank

Septik tank adalah tangki yang teretutup rapat untuk menampung aliran limbah yang melewatinya sehingga kandungan bahan padat dapat dipisahkan, diendapkan atau diuraikan oleh aktivitas bakteriologis didalam tangki. Fungsinya bukan untuk memurnikan air limbah tetapi untuk mencegah bau dan menghancurkan kandungan bahan padat (Salvato, 1992).

Septik tank mempunyai beberapa fungsi diantaranya:

### 1. Sedimentasi

Fungsi yang paling pokok dari septik tank adalah kemampuannya mereduksi kandungan bahan padat terlarut (SS) pada limbah cair domestik.

### 2. Penyimpanan

Septik tank diharapkan menampung akumulasi endapan.



### 3. Penguraian

Penguraian lumpur oleh bakteri secara anaerobik merupakan akses dari lama waktu penyimpanan endapan dalam tangki. Bakteri akan menghasilkan oksigen yang akan terlarut jika ia mengurai bahan organik yang terkandung didalam limbah. Bakteri ini juga akan mengurai bahan organik kompleks dan mereduksinya menjadi selulosa dan menghasilkan gas meliputi  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$  dan  $CH_4$ .

### 4. Menahan laju aliran

Septik tank akan mereduksi terjadinya beban aliran puncak.

Selama limbah ditahan dalam septik tank maka benda-benda padat akan mengendap didasar tangki, dimana benda-benda tersebut dirombak secara anaerobik. Lapisan tipis yang terbentuk di permukaan akan membantu memelihara kondisi anaerobik. Keluaran dari septik tank, dari sudut pandang kesehatan masyarakat sama bahayanya dengan air limbah segar sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang (Mara, 1978).

Waktu tinggal limbah pada septik tank berukuran besar tidak boleh kurang dari 12 jam. Detensi selama 24 hingga 72 jam direkomendasikan untuk septik tank berukuran besar. (Salvato, 1992)

Tabel 2.7 Komposisi Tipikal Air Limbah Domestik Yang Tidak Terolah

kontaminan	unit	konsentrasi		
		minimum	medium	Maksimum
TSS	mg/L	120	210	400
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total as N)	mg/L	20	40	70

(Sumber : Metchalf & Eddy, 1991)



Septik tank adalah ruang kedap berkamar tunggal atau lebih yang berfungsi untuk pengolahan tunggal atau awal terutama dalam sistem pengolahan air buangan skala kecil dan setempat (Mouras Automatic Scavenger, 1860) dan kemudian mempelajari proses yang terjadi dan memberi nama “*Septic Tank*” (Donal Cameron, 1895).

Proses utama yang terjadi didalam *septic tank* adalah:

1. Sedimentasi SS
2. Flotasi lemak dan material lain ke permukaan air
3. Terjadinya proses biofisik kimia di ruang lumpur

Ditinjau dari segi kuantitasnya air buangan yang masuk ke dalam *septic tank* berupa Sullage (*Grey water*) yang berasal dari aktivitas pencucian, dapur, kamar mandi. **Black water** (*human body waste*) yang berasal dari feces dan urin.

Tabel 2.8 Karakteristik Efluen Septik tank

Komponen	Range konsentrasi	Tipikal konsentrasi
TSS	36–85 mg/L	60 mg/L
BOD <sub>5</sub>	118–189 mg/L	120 mg/L
pH	6,4–7,8	6,5
Fecal Coliform	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>7</sup> CFU / 100 m/L	10 <sup>6</sup> CFU / 100 mL

(Sumber : EPA, 2002)

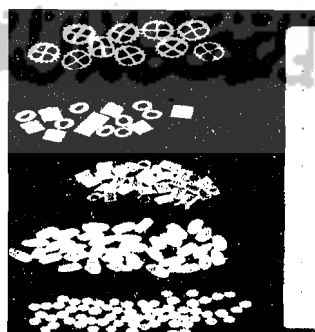
## 2.10 Media Styrofoam

*Styrofoam* sendiri, menurut Prof Winarno, dibuat dari *kopolimer polistiren* yang terdiri dari monomer stiren. Sedang stiren merupakan salah satu produk sampingan minyak bumi. Stiren pertama kali diproduksi secara komersial pada tahun 1930-an dan berperan penting selama Perang Dunia II dalam pembuatan karet

sintetik. Sekarang peranan stiren telah bergeser dalam pembuatan produk polistiren komersial, salah satunya adalah wadah makanan dan minuman.

Pakar teknologi pangan Institut Pertanian Bogor (IPB) Prof Dr FG Winarno membenarkan bahwa kemasan plastik yang mengandung PVC memang berisiko bagi kesehatan, karena diketahui bersifat karsinogenik dan jika terurai mengeluarkan dioksin yang berbahaya bagi tubuh. Namun, tentang kemasan *styrofoam* yang mengandung polistiren, Winarno menyatakan, masyarakat tak perlu khawatir. Berbagai penelitian internasional menunjukkan molekul monomer stiren dari kemasan *styrofoam* yang terlarut dalam air panas, tidak bersifat karsinogen dan tidak berakumulasi di dalam tubuh (Winarno, 2000). *Styrofoam* adalah bahan yang tahan terhadap temperatur tinggi dan tak bakal terurai selama 500 tahun (Bambang, 2004).

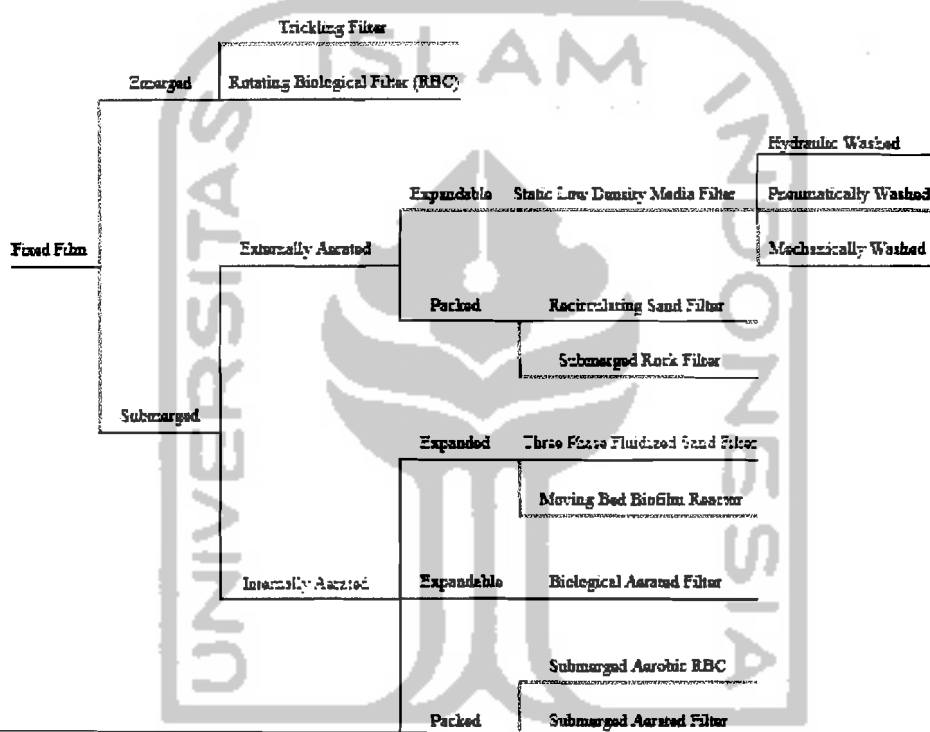
*Styrofoam* merupakan media dengan densitas rendah yang merupakan bagian dari *Static Low Density Media* yang juga dikenal dengan *Floating bead filters* (FBFs) atau *Floating Bead Bioclarifier* (FBBs). Media plastic berdensitas rendah dapat dilihat seperti Gambar 2.5



*Various shapes of plastic media have been tested in SLDM Filters in the past. From top to bottom: KMT-type, large tubes, smaller tubes, Enhanced Nitrification (EN) modified, and spheres.*

Gambar 2.5 Macam-macam Bentuk Media Plastik Sebagai *Low Density Media* (Sumber: Cynthia, 2003)

Penelitian dan perkembangan terhadap *fixed film*, terutama proses biologi *fixed film* telah berkembang dengan cepat dalam dua dekade terakhir. Klasifikasi jenis proses *fixed film* dapat dibuat berdasarkan variasi karakteristik seperti submergence, teknik aerasi, keadaan ekspansi media, yang dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini.



Classification of various major aerobic fixed film processes used in wastewater treatment.

Gambar 2.6 Klasifikasi Proses *Fixed Film* Dalam Pengolahan Limbah  
(Sumber: Cynthia, 2003)

Proses *fixed film* dapat direncanakan dengan mengklasifikasi keadaan fisik dari media, antara lain dengan *ekspanded*, *ekspandable*, atau *packed*. Melalui fluidisasi media, keadaan ekspansi dapat tercapai. Variasi media butiran dapat digunakan pada *bioclarifiers*, selain itu juga penambahan media juga dapat berasal

dari variasi plastic. Media terapung (*Floating media*) dapat juga digunakan untuk meremoval COD dan Amonia serta TSS (Cynthia, 2003).

### 2.11 Penelitian Yang Telah Dilakukan Sebelumnya

Sebelum penelitian ini, telah ada penelitian yang menggunakan reaktor fluidasi, yaitu dalam penyisihan COD dan BOD untuk air buangan rumah sakit dengan reaktor fluidisasi, yang dilakukan oleh Elinda (2005). Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa konsentrasi BOD dan COD dari limbah rumah sakit dapat diturunkan. Penurunan kandungan BOD dan COD pada air buangan rumah sakit dengan menggunakan media pasir kuarsa dalam reaktor fluidisasi dipengaruhi oleh variasi diameter media (mm), Ketinggian media (cm), dan kecepatan aliran (m/dt). Semakin kecil ukuran diameter media, dan semakin tinggi media, serta semakin kecil kecepatan aliran, maka semakin tinggi penuruna kandungan BOD dan COD dari air buangan rumah sakit. Kombinasi perlakuan diameter media 0,85 mm, ketinggian media 30 cm, dan kecepatan aliran 0,00015 m/dt, cenderung menunjukkan kombinasi perlakuan yang lebih efektif dibanding dengan perlakuan yang lain. Efisiensi penurunan BOD 85,98% dan COD 88,70%.

### 2.12 Hipotesa

- Konsentrasi *Chemical Oxigen Demand* (COD) dan *E.Coli* pada limbah domestik mengalami perubahan sesuai dengan keadaan pada saat *Startup*
- Diketuinya efektifitas reaktor *Fluidized Bed* bermedia *Styrofoam* apabila sudah dijalankan saat *startup*.