

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Komposisi Dan Sifat-Sifat Air Buangan Domestik**

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.

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 dari Air 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 (Sugiharto, 1987).

Di dalam 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 keberadaannya 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.

Selain lemak bahan pembersih lainnya adalah senyawa fosfor. Senyawa ini juga terdapat pada urin. Di dalam air buangan domestik fosfor berada dalam kombinasi organik, yaitu kombinasi fosfat ( $PO_4$ ) yang bersifat mudah terurai.

Senyawa lain yang ada dalam air buangan domestik adalah Nitrogen organik dan senyawa Amonium. Oksidasi Nitrogen dan Amonium menghasilkan nitrit dan nitrat.

- 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.

## **2.2 Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Biologis**

Tujuan utama pengolahan air limbah secara biologis adalah untuk mengkonversikan komponen organik "*biodegradable*" (dapat diurai dan dikonsumsi oleh mikroba) menjadi suatu biomasa mikroba yang dapat dipisahkan dengan proses pemisahan padatan-cairan seperti pengendapan (sedimentasi) dan atau pengapungan (flotasi). Secara umum polutan dalam air limbah utamanya terdiri dari bahan organik terlarut dan tidak terlarut, berbagai bentuk nitrogen dan fosfat, serta bahan lain yang tidak terlarut dan tidak bereaksi. Dalam banyak kasus bahan organik terlarut dan tidak terlarut, juga nitrogen dan fosfat dapat secara efektif dihilangkan melalui aktifitas biologis jika kondisi lingkungan memungkinkan untuk tumbuh dan berkembang bagi mikroorganismenya. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Kebanyakan air limbah mengandung bahan organik dengan konsentrasi relatif rendah, sehingga lebih efisien dan ekonomis jika diolah dengan proses aerobik, dimana dalam proses ini bahan organik dikonversikan menjadi CO<sub>2</sub> melalui respirasi mikrobial dan sebagian lagi dikonversi menjadi biomasa mikroba. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Air limbah dengan konsentrasi bahan organik tinggi dan suspensi bahan organik seperti buangan industri dan lumpur organik, dapat pula secara efektif distabilkan secara anaerobik. Proses pengolahan air limbah secara anaerobik mengkonversikan bahan organik menjadi gas metan dan CO<sub>2</sub> dan juga biomasa mikroba anaerob. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Teknologi proses biologi difokuskan pada rekayasa dan rancang bangun *bioreaktor*, untuk mendapatkan lingkungan yang optimum bagi tumbuh kembangnya mikroba dimana didalamnya dapat dikembangkan suatu biomasa mikroba aktif dengan konsentrasi yang tinggi. Unit proses aerobik memerlukan suatu suplai oksigen secara kontinyu untuk mendukung respirasi mikroba, sebaliknya untuk proses anaerobik tidak diperlukan oksigen karena zat ini bersifat racun bagi bakteri methanogonik. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Berdasar pada pola pertumbuhan mikroba proses pengolahan air limbah secara biologik dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu tipe pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*) misalnya lumpur aktif dan tipe pertumbuhan terlekat (*attached growth*) misalnya proses biofilter. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Faktor-faktor pertumbuhan mikroba:

1. Energi dan sintesa sel

Pertumbuhan mikroba merupakan hasil dari konversi bahan organik terlarut ditambah bahan organik tertentu sebagai elemen pendukung menjadi protoplasma melalui suatu rangkaian reaksi metabolik yang sangat kompleks (Gaudy dan Gaudy, 1980). Istilah respirasi dan fermentasi umum digunakan pada reaksi – reaksi metabolik yang memproduksi energi untuk sintesa sel.

Semua kehidupan organisme menggunakan suatu bentuk simpanan energi. Apapun sumber energi, energi yang didapat dari sumbernya disimpan didalam sel sebagai ikatan energi kimiawi dalam bentuk adenosine trifosfat (ATP).

## 2. Kebutuhan Nutrisi

Bagi mikroorganisme, kebutuhan nutrisi diperlukan untuk :

- a. Memperoleh bahan-bahan yang diperlukan untuk sintesa bahan-bahan sitoplasma.
- b. Menyediakan sumber energi untuk pertumbuhan sel dan reaksi biosintetik
- c. Menyediakan sumber akseptor elektron untuk elektron yang dilepaskan selama reaksi biokimia dalam sel

Kebutuhan nutrisi terbesar bagi mikroorganisme adalah nitrogen dan fosfor (Pipes, 1979; Speece dan MacCarty, 1964, dalam T.J. Casey, 1997) dengan perbandingan nutrisi:

Tabel 2.2 Perbandingan Kebutuhan Nutrisi

<b>PROSES</b>	<b>BOD<sub>5</sub></b>	<b>N</b>	<b>P</b>
Aerobik	100	5	1
Anaerobik	100	0.5	0.1

## 3. Enzim Mikroba

Semua aktifitas sel mikroba tergantung pada penggunaan makanan dan semua reaksi kimiawi yang terkait didalamnya dikontrol oleh enzim. Enzim adalah protein yang diproduksi oleh sel hidup, berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat laju reaksi spesifik yang terjadi didalam sel. Enzim

bersifat spesifik yang hanya akan mengkatalisa reaksi tertentu dan akan berfungsi hanya untuk satu jenis zat tertentu saja.

Enzim mikroba mengkatalisa tiga tipe reaksi : hidrolisa, oksidasi dan sintesa. Enzim hidrolisa digunakan untuk menghidrolisa (memecah zat melalui pelepasan komponen hidrogen) senyawa organik kompleks (sumber makanan) tak larut ke dalam komponen organik sederhana yang larut yang dapat lewat melalui membrane sel kedalam sel secara difusi. Enzim-enzim ini umumnya dikeluarkan oleh organisme ke sekeliling medium disekitar sel, enzim ini sering disebut enzim ekstraseluler. Selanjutnya komponen organik dioksidasi untuk memperoleh energi dan secara bersamaan energi ini digunakan untuk proses reduksi.

Enzim sintetik berfungsi sebagai katalis dalam sintesa senyawa organik untuk perawatan dan pembentukan sel-sel baru. Enzim ini terdiri dari berbagai jenis, dan diperlukan untuk membentuk berbagai komponen senyawa organik yang kompleks di dalam sel. Sejumlah besar energi diperlukan untuk sintesa sel, dan diperoleh selama proses oksidasi dalam metabolisme energi.

Aktifitas enzim dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, khususnya suhu, pH, dan keberadaan ion-ion tertentu seperti  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Mg}^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  dan beberapa ion logam sebagai elemen-elemen pembantu artinya walau hanya sedikit kebutuhannya keberadaannya sangat diperlukan.

#### 4. Pengaruh Temperatur

Semua proses pertumbuhan tergantung pada reaksi-reaksi kimia, dan laju reaksi dipengaruhi oleh temperatur. Dengan demikian, laju pertumbuhan

mikroba sebagai total pertumbuhan mikroba dikontrol oleh reaksi enzimatik, maka pertumbuhan maksimum terjadi pada suatu temperatur tertentu dan akan mengalami penurunan setelah suhu pertumbuhan maksimumnya. Titik suhu pertumbuhan maksimum disebut sebagai temperatur maksimum.

Berdasarkan pada rentang temperatur dimana mikroba dapat hidup dan tumbuh kembang dengan baik, maka dapat diklasifikasikan menjadi :

- a. Mikroorganisme Psikrofilik = 0-20 °C dengan suhu optimum 15-18 °C
- b. Mikroorganisme Mesofilik = 20-45 °C dengan suhu optimum 30-40 °C
- c. Mikroorganisme Thermofilik = 45-75 °C dengan suhu optimum 45-70 °C

#### 5. Kebutuhan oksigen

Berdasar pada kebutuhan oksigen, mikroorganisme dapat diklasifikasikan menjadi tiga golongan utama:

- Organisme aerobik, memerlukan oksigen bebas sebagai sumber elektron akseptor
- Organisme anerobik, tidak memerlukan oksigen sebagai sumber elektron akseptor.
- Organisme fakultatif, dapat menggunakan oksigen atau komponen lain sebagai elektron akseptor. Akan tetapi, akan tumbuh lebih efisien dalam suasana aerobik. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Mikroba obligate aerob tidak dapat tumbuh tanpa kehadiran oksigen, sedang obligat anaerob sangat sensitif terhadap kehadiran oksigen. Ada sedikit mikroorganisme yang justru dapat tumbuh dengan baik jika ada sedikit kehadiran oksigen, organisme ini disebut sebagai mikroaerofilik. Oksigen terlarut dapat bersifat racun bagi mikroorganisme aerob bila berada pada kondisi jenuh.

#### 6. Pengaruh pH

Kebanyakan bakteri, baik dalam biakan murni maupun dalam kultur campuran seperti dalam bioreaktor air limbah, memiliki rentang pH pertumbuhan antara pH 4 dan 9. secara umum pH optimum untuk pertumbuhan mikroba pada rentang 6,5-7,5 (Wilkinson (1975) dalam Benefield, 1980), menyarankan bahwa mikroba tumbuh dengan baik pada pH sedikit basa, sementara algae dan fungi tumbuh dengan baik pada kondisi pH sedikit asam. Dalam proses pengolahan air limbah secara biologis pH optimum untuk pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh karakteristik air limbah yang diolah. Sebagai contoh percobaan oleh Randall, dkk (1975), menunjukkan bahwa sistem mikroba filamen terlekat (fungi) dapat dengan efisien mengurai senyawa organik pada pH 2,65. sebaliknya dengan percobaan yang sama (Kato dan Sekikawa, 1967), dapat beroperasi dengan efisien pada pH di atas 9,0.

### 2.3 Proses Pertumbuhan Mikroba Terlekat

Proses pengolahan air limbah secara biologi dengan pola pertumbuhan mikroba terlekat memerlukan media untuk menempel, tumbuh dan berkembang. Proses biologis pada pertumbuhan melekat sebagian besar berhubungan dengan komposisi lapisan slime atau biofilm, yang menempel pada permukaan media. Proses pembentukan dan kolonisasi biofilm diawali dengan produksi slime dan kapsul bakteri yang menempel pada permukaan media. Penempelan pada awalnya terjadi karena ikatan kimia dan gaya Van Der Waals. Proses penempelan berlangsung sangat cepat dan bakteri *Z. Ramigera* adalah seringkali sebagai pembentuk koloni awal. Pembentukan koloni oleh bakteri heterotrop lain seperti *pseudomonas*, *flavobacterium* dan *alcaligenes* juga berjalan cepat. Setelah lima hari, komposisi pada biofilm akan terdiri dari bermacam-macam kumpulan bakteri, jenis-jenis filamen yang dominan. Setelah periode waktu lebih dari satu minggu, akan ditumbuhi sedikit jamur seperti *fusarium*, *geotrichum* dan *sporotrichum* akan tampak, yang akan ikut berperan dalam penurunan kandungan BOD dalam air. Lapisan biofilm yang sudah matang atau sempurna akan tersusun dalam tiga lapisan kelompok bakteri : lapisan paling luar adalah sebagian besar berupa jamur, lapisan tengah adalah jamur dan algae; dan lapisan paling dalam adalah bakteri, jamur dan algae. (Slamet dan Masduqi, 2000).

Ketika air limbah melintasi pada permukaan biofilm, material organik dalam air limbah bersama-sama dengan oksigen dan nutrien, akan terdifusi kedalam biofilm dan teroksidasi oleh mikroorganisme heterotrop. Proses oksidasi

oleh bakteri heterotrop ditujukan untuk mendapatkan energi dan senyawa-senyawa baru untuk pembentukan sel baru.

Ketebalan biofilm tergantung pada jumlah material organik dan oksigen yang tersedia untuk pertumbuhan mikroorganisme. Ketebalan biofilm memiliki keterbatasan sampai nutrisi mampu menjangkau mikroorganisme yang terletak pada lapisan yang paling dalam. Pada saat tertentu ketebalan biofilm akan mencapai ketebalan maksimum dimana pada kondisi ini, sumber makanan dan nutrisi tidak mampu berdifusi sampai ke lapisan paling dalam. Akibat terhentinya suplai makanan maka mikroorganisme pada lapisan bagian dalam akan mengalami respirasi endogenus dengan memanfaatkan sitoplasmanya untuk mempertahankan hidup. Pada kondisi seperti ini mikroorganisme akan kehilangan kemampuan untuk menempel pada media, kemudian terlepas dan terbawa keluar dari sistem biofilter bersama dengan aliran air, mekanisme pengelupasan ini dikenal sebagai “*Sloughing*”. (Slamet dan Masduqi, 2000).

#### **2.4 Biofilter**

Teknik pengolahan air secara biologis dengan prinsip biofiltrasi telah dikembangkan untuk skala aplikasi. Hasil pengembangan oleh *Degremont* menunjukkan biofilter mampu mereduksi bahan organik karbon dan nitrogen serta suspended solid pada waktu retensi yang sama.

Biofilter (*Submerged Filter*) adalah merupakan suatu istilah dari reaktor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang menempel

pada suatu media filter dan membentuk biofilm (*attached growth*). (Slamet dan Masduqi, 2000).

Berdasar pada konsentrasi zat organik dalam air limbah yang diolah, biofilter dapat dioperasikan secara anorganik maupun secara aerobik. Proses operasi biofilter secara anaerobik akan digunakan untuk air limbah dengan kandungan zat organik cukup tinggi, dan dari proses ini akan dihasilkan gas metan. Sedang operasi biofilter secara aerobik umumnya digunakan untuk air limbah dengan kandungan zat organik relatif rendah atau yang setara dengan kandungan polutan pada air limbah domestik.

Kelebihan sistem reaktor biofilter dibanding dengan sistem reaktor dengan pertumbuhan mikroba tersuspensi antara lain :

- Memberikan resiko yang cukup kecil dari efek ketekoran biomass (*washout*) dalam reaktor akibat gangguan proses karena biomass akan tetap melekat pada media filter meskipun ada kejutan pada karakteristik air limbah.
- Mudah dalam operasi dan perawatannya.
- Lebih cepat dalam proses *restart-up* setelah pemberhentian proses.
- Memiliki waktu tinggal biomass lebih lama.
- Mudah mengontrol beban hidrofilik pada biofilm daripada dengan sistem *trickling filter*. (Slamet dan Masduqi, 2000).

## **2.5 Bahan organik dalam air buangan**

Air buangan merupakan zat yang terdiri dari berbagai macam zat-zat organik maupun zat kimia. Oleh karena itu untuk mengetahui parameter-parameter apa saja yang terkandung dalam air buangan sangatlah sulit karena memerlukan pengujian yang sangat banyak dan memerlukan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu dalam penelitian ini dibatasi dalam meneliti hanya parameter BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*).

## **2.6 Efek Buruk Air Buangan**

Sesuai dengan definisi air buangan yang merupakan benda sisa, maka dapat disimpulkan bahwa air limbah merupakan air yang sudah tidak dapat digunakan lagi. Tetapi, bukan berarti air buangan tersebut dapat langsung dibuang tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu. Karena apabila air buangan tersebut tidak diolah dengan baik, yang berarti ditingkatkan dari segi kualitas airnya, maka air buangan tersebut akan banyak menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun kehidupan yang ada. (Sugiharto, 1987)

### **a. Gangguan terhadap kesehatan**

Air limbah sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, mengingat bahwa banyak penyakit yang dapat ditularkan melalui melalui air limbah. Air limbah ini hanya berfungsi sebagai media pembawa saja seperti kolera, radang usus, hepatitis infektiosa, serta skhistosomiasis.

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah. Dengan demikian kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, yang berarti akan mengurangi perkembangannya. Hal ini akan mengganggu proses purifikasi alami pada air limbah oleh mikroba pengurai, karena mikroba pengurai mati.

c. Gangguan terhadap estetika

Dengan semakin banyaknya zat pencemar, akan menyebabkan berbagai dampak, antara lain bau busuk karena penguraian zat organik. Selain itu, biasanya warna air limbah, baik domestik maupun industri berwarna abu-abu atau hitam, hal ini tentu saja akan merusak pemandangan.

Masalah bau yang ditimbulkan karena adanya air limbah ini dapat diatasi dengan berbagai cara, yaitu cara fisik dengan pembakaran, secara kimia yaitu dengan bahan kimia penghilang bau seperti kalsium dan sodium hidroksida, dan dengan cara biologis, yaitu dengan trickling filter atau dengan lumpur aktif untuk menghilangkan komponen yang berbau.

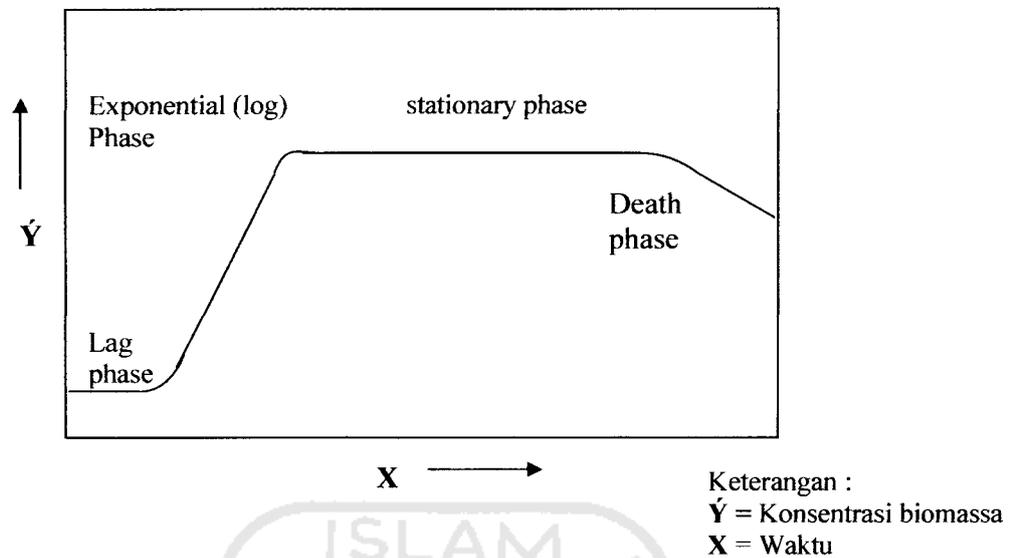
d. Gangguan terhadap kerusakan benda

Beberapa parameter pencemar dapat menimbulkan kerusakan pada benda-benda yang dilaluinya, seperti kerusakan pada pipa, penyumbatan, karat, kerak, dan lain sebagainya.

## 2.7 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 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 *lag phase*. Setelah beberapa jam berjalan maka bakteri mulai tumbuh berlipat ganda dan fase ini dikenal sebagai *fase akselerasi (acceleration phase)*. Setelah tahap ini berakhir maka terdapat bakteri yang tetap dan bakteri yang terus meningkat jumlahnya. Pertumbuhan yang dengan cepat setelah fase kedua 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 akan habis dan kematian bakteri akan terus meningkat sehingga tercapai suatu keadaan dimana jumlah bakteri yang mati dan yang tumbuh mulai berimbang yang dikenal dengan *stainary phase*.

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



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

## 2.8 Septik Tank

Pada tahun 1895 seseorang kelahiran dari negara Inggris bernama Donald Cameron lebih banyak mengoreksi penjelasan dari proses-proses yang terjadi di dalam septik tank. (Crites and Tchobanoglous, 1997). Setelah itu konfigurasi dari jenis tangki telah dikembangkan meskipun mengingat konsepnya tetap sama, yang pada dasarnya sebagai tempat untuk proses fisik, kimiawi dan biologis pada pengolahan air limbah.

Septik tank adalah tangki yang tertutup rapat untuk menampung aliran limbah yang melewatinya sehingga kandungan bahan padat dapat dipisahkan, diendapkan atau diuraikan oleh aktivitas bakteriologis di dalam 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. Proses utama yang terjadi didalam septik tank adalah:

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

Proses pengolahan pada septik tank adalah sedimentasi dan stabilisasi lumpur lewat proses anaerobik. Untuk jenis limbah yang diolah pada septik tank adalah limbah yang mengandung padatan terendapkan, khususnya limbah domestik.

Tabel 2.3 Karakteristik efluen dari septik tank konvensional

Parameter	Range	Rata-rata
COD,mg/l	165 - 1,487	296
COD filtered,mg/l	12 - 78	29
BOD,mg/l	50 - 440	165
TS,mg/l	236 - 1,383	599
TSS,mg/l	62 - 1.100	290
Alkalinity,mg/l as CaCO <sub>3</sub>	240-365	275
pH	7 - 7.7	7.3
TKN,mg/l	34-60	43
TP,mg/l	7-31	17
Faecal coliforms, MPN/100mL	$5 \times 10^4 - 5.8 \times 10^5$	$4.3 \times 10^5$

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)

Sesuai dengan Kep/Men/LH/112/2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik, baku mutu air limbah domestik dalam keputusan ini hanya berlaku bagi :

- a. Semua kawasan permukiman (real estate), kawasan perkantoran, kawasan perniagaan dan apartemen.
- b. Rumah makan (restauran) yang luas bangunannya lebih dari 1000 m<sup>2</sup>.
- c. Asrama yang berpenghuni 100 orang atau lebih.

Baku mutu air limbah domestik untuk perumahan yang diolah secara individu akan ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6 - 9
BOD	mg/L	100
TSS	mg/L	100
Minyak dan lemak	mg/L	10

(Sumber : KepMenLH 112/2003)

Tabel 2.5 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)

## 2.9 Pengolahan Air Buangan dengan Fluidized Bed Reaktor

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.

Pada reaktor tipe ini, banyak biomassa menempel pada media yang berukuran kecil sebagai biofilm. Biomassa yang menyelimuti partikel media berada pada kondisi terfluidasi atau tereksansi (bergerak melayang-layang) secara vertikal, dengan aliran keatas (*upflow*). Dalam hal ini ukuran dan densitas media akan menentukan apakah sistem operasi stabil dan ekonomis. Partikel yang berukuran kecil akan memberikan luas permukaan yang besar yang berguna sebagai tempat menempel biofilm.

Kadang-kadang, *Fluidized bed* 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. Kecepatan cairan ke atas cukup untuk menahan zat padat, sehingga *solid* tidak memiliki kontak interpartikel yang konstan. Pada bagian atas zat padat, terdapat suatu *interface* khas antara zat padat dengan cairan efluen (Weber, 1972).

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.

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 effluen 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.

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

Type 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 Proses</i>	205	0,5-5	70-90
• <i>Ekspanded Bed/ Fluidized Bed</i>	1-20	<1	80-85
• UASB - <i>low strenght</i>	<5	0,3-0,5	65-80
• UASB - <i>High streng</i>	5-20	2-10	70-85

Sumber : S.Veenstra

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

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

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

Sedangkan kekurangan dari pemakaian *Fluidized bed* adalah:

1. Sukarnya Proses *start up*
2. Dibutuhkan energi yang tinggi untuk fluidisasi
3. Sukar untuk mengontrol ketinggian bed
4. Sukar untuk mendesain reaktor
5. Besarnya biaya untuk media

## **2.10 Parameter yang Diukur**

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

BOD merupakan gambaran kadar bahan organik , yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Davis and Cornwell, 1991). Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol yang diinkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari, dalam keadaan tanpa cahaya (Boyn, 1988).

BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable*). Bahan organik ini dapat berupa lemak, protein, glukosa, aldehida, ester, dan sebagainya. Dekomposisi selulosa secara biologis berlangsung relatif lambat. Bahan organik merupakan hasil pembusukan

tumbuhan dan hewan yang telah mati atau hasil buangan dari limbah domestik dan industri.

Perbedaan antara COD dan BOD (Benefield dan Randall, 1980), yaitu :

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 *biodegradabl / non biodegradable*.
2. Beberapa substansi inorganik seperti sulfat dan tiosulfat, nitrit dan besi ferrous yang tidak akan terukur dalam tes BOD akan teroksidasi oleh kalium dikromat, membuat nilai COD inorganik 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.

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

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar daripada molekul/ion yang terlarut. Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel.

Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan.

Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan, materi inipun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan saringan (filter) air biasa.

Seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganik (tanah liat, kwarts) dan organik (protein, sisa makanan dan ganggang, bakteri). Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat – zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organik dan inorganik seperti pada keterangan dibawah ini :

Zat padat total , terbagi menjadi dua :

- Zat padat terlarut
- Zat padat tersuspensi, terbagi menjadi dua :
  1. Zat padat tersuspensi Organik
  2. Zat padat tersuspensi Inorganik

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklarifikasikan sekali lagi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya.

### 2.10.3 Temperatur

Temperatur air limbah mempengaruhi badan penerima bila terdapat perbedaan suhu yang cukup besar. Temperatur air limbah akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia serta tata kehidupan di dalam air. Perubahan suhu memperlihatkan aktivitas kimiawi biologis pada benda padat dan gas dalam air. Pembusukan terjadi reaksi pada suhu yang tinggi dan tingkat.

### 2.10.4 pH

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hydrogen dalam air. Buangan yang bersifat alkalis (basa) bersumber dari buangan yang mengandung bahan anorganik seperti senyawa karbonat, bikarbonat dan hidroksida.

### 2.11 Hipotesa

- Terjadinya penurunan kadar BOD dan TSS
- Diketuainya efektifitas *Fluidized Bed* bermedia Styrofoam dalam menurunkan konsentrasi BOD dan TSS pada limbah Septick tank