

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Buangan

Batasan yang banyak dikemukakan mengenai air buangan umumnya meliputi komposisi serta sumber dari mana air buangan tersebut berasal, misalnya air buangan industri, rumah tangga, daerah pertanian, perdagangan, dan lain-lain.

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).

Menurut Eddy and Metcalf (2003), air buangan adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

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

Karakteristik air buangan sangat penting untuk diketahui guna menentukan cara pengolahan yang tepat, terbaik, dan efektif. Berikut ini akan dijelaskan beberapa macam karakteristik air buangan (Metcalf and Eddy, 2003), yaitu :

1. Karakteristik Fisik

- a. Warna

Air buangan yang segar umumnya berwarna abu-abu dan sebagai akibat dari penguraian senyawa-senyawa organik oleh bakteri, maka warna air buangan menjadi hitam. Hal ini menunjukkan bahwa air buangan berada dalam keadaan septik.

- b. Bau

Bau dalam air buangan biasanya disebabkan oleh produksi gas-gas hasil dekomposisi zat organik. Gas asam sulfida (H_2S) dalam air buangan adalah hasil reduksi dari sulfat oleh mikroorganisme secara anaerob.

c. Temperatur

Pada umumnya temperatur air buangan lebih tinggi dari pada temperatur air minum. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan air yang lebih panas dari pemakaian rumah tangga atau aktivitas pabrik.

Temperatur air buangan memberi pengaruh pada kehidupan dalam air, kelarutan gas, aktivitas bakteri serta reaksi-reaksi kimia

d. Total solid

Total solid adalah zat-zat yang tertinggal sebagai residu penguapan pada temperatur 103°C-105°C. Zat-zat yang hilang pada tekanan uap tersebut tidak dapat didefinisikan sebagai total solid.

2. Karakteristik Kimia

a. Senyawa organik

Kira-kira 75 % suspended solid dan 40 % filterable solid dalam air buangan merupakan senyawa-senyawa organik. Senyawa organik tersebut berasal dari kombinasi karbon, hidrogen dan oksigen serta nitrogen dalam berbagai senyawa.

Senyawa organik yang terdapat dalam air buangan antara lain

- protein = 40 – 60 %
- karbohidrat = 25 – 50 %
- lemak dan minyak = 10 %

b. Senyawa anorganik

Konsentrasi senyawa organik dalam aliran air akan meningkat karena formasi geologis sebelum dan selama aliran, maupun karena penambahan buangan baru ke dalam aliran tersebut. Konsentrasi unsur organik juga akan bertambah dengan proses penguapan alami pada permukaan air dan akan meninggalkan unsur anorganik dalam air. Adapun komponen-komponen buangan anorganik yang terpenting adalah alkalinitas, klorida, nitrogen, fosfat dan sulfat.

c. Gas-gas

Gas-gas yang terdapat dalam air buangan yang belum diolah adalah N_2 , O_2 , CO_2 , H_2S dan CH_4 . Dari kedua gas yang disebut pertama, terdapat dalam air buangan sebagai akibat adanya kontak langsung air buangan dengan udara. Dan yang ketiga gas terakhir berasal dari dekomposisi zat-zat organik oleh bakteri dalam air buangan.

3. Karakteristik biologis

Kelompok mikroorganisme terpenting dalam air buangan ada tiga macam, yaitu kelompok protista, kelompok tumbuh-tumbuhan dan kelompok hewan. Kelompok protista terdiri dari protozoa, sedangkan kelompok tumbuh-tumbuhan meliputi paku-pakuan dan lumut. Bakteri berperan penting dalam air buangan, terutama pada proses biologis, misalnya trikling filter. Sedangkan protozoa dalam air buangan berfungsi untuk mengontrol semua bakteri sehingga terjadi keseimbangan. Alga sebagai penghasil oksigen pada proses fotosintesis juga dapat mengurangi nitrogen yang terdapat dalam air.

Namun alga juga dapat menimbulkan gangguan pada permukaan air karena kondisinya yang menguntungkan (sampai kedalaman satu meter di bawah permukaan air) sehingga dapat tumbuh dengan cepat dan menutupi permukaan air, sehingga sinar matahari tidak mampu menembus permukaan air.

Berdasarkan beberapa karakteristik air buangan tersebut, maka pengolahan air buangan dibagi atas :

□ Pengolahan air buangan secara fisik

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.

□ Pengolahan air buangan secara 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.

□ Pengolahan air buangan secara biologis

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, anaerobik dan Fakultatif (Kristanto, 2002).

Adapun pemilihan cara pengolahan yang akan dipakai tergantung pada karakteristik air buangan tersebut.

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 ber dinding 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 ₅ , 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 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ¹⁰
Fecal Coliform	No./100mL	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

2.3 Pengolahan Air Buangan Secara Biologis

Air buangan yang biodegradable dapat diolah dengan proses biologis yaitu pengolahan limbah dengan memanfaatkan aktifitas kegiatan mikrobia untuk melakukan degradasi/pemecahan atau transformasi, dimana degradasi limbah cair secara biologis merupakan proses yang berlangsung secara alami. Menurut Suriawiria, pengolahan buangan secara biologis proses dasarnya

sama seperti fermentasi. Karena dari senyawa yang terurai akan membentuk protoplasma baru, maka jumlah mikroorganisme akan bertambah.

Proses biologi merupakan proses alami yang bersifat dinamis dan kontinyu selama factor-faktor yang berhubungan dengan kebutuhan jasad hidup yang terkandung di dalamnya terpenuhi. Tujuan proses pengolahan limbah cair secara biologis untuk mengoksidasi kandungan bahan organik melalui oksidasi biokimia. Mikroba adalah jasad hidup yang memerlukan sumber nutrient dan lingkungan kehidupan yang sesuai untuk aktifitasnya (metabolisme, perkembangbiakan dan penyebaran). Karena didalam buangan kadang-kadang didapatkan sejumlah benda asing yang mungkin bersifat racun, maka pengaruhnya harus dapat dikontrol sebaik-baiknya. Sehingga untuk mencapai hasil yang maksimal, perhitungan sifat serta bentuk mikroba yang terlibat didalamnya harus mendapat perhatian agar jasad hidup tersebut dapat berkembang secara baiksesuai dengan lingkungannya.

Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metoda pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

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

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

. Pertumbuhan tersuspensi dapat terjadi pada reactor aerob maupun anaerob. Mikroorganisme mampu membentuk gumpalan menjadi massa flokulan dan mampu bergerak dalam aliran cairan. Menurut *metcalf & Edi (2003)*, dalam pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme yang bertanggung jawab untuk pengolahan dipertahankan didalam suspensi larutan melalui metode-metode pencampuran yang tepat. Sebagian besar proses pertumbuhan tersuspensi yang digunakan dalam pengolahan limbah cair perkotaan dan industri dioperasikan dengan konsentrasi oksigen terlarut positif (aerobik), tetapi dalam aplikasinya digunakan reactor-reactor anaerobik pertumbuhan tersuspensi, seperti misalnya untuk endapan/kotoran organik dan limbah cair industri konsentrasi van organik cukup tinggi.

Didalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Reaktor ini berisi aliran liquid yang akan diolah, kultur media yang digunakan, dan nutrisi seperti Nitrogen dan Phospor, dan udara atau oksigen jika prosesnya aerobik. Proses lumpur aktif yang banyak dikenal dalam reaktor jenis ini.

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

System pertumbuhan lekat adalah suatu system penggunaan mikroba pada proses dekomposisi suatu bahan dengan cara menumbuhkannya pada permukaan suatu media. Dalam hal ini mikroba yang berperan dalam

proses akan tambah dan berkembang melekat pada permukaan media membentuk suatu lapisan tipis biomassa (biofilm).

Biofilm merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu lingkungan kehidupan yang khusus dari sekelompok mikroorganisme yang melekat pada suatu permukaan padat dalam lingkungan perairan. Biofilm terbentuk karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditempeli. Interaksi ini terjadi dengan adanya factor-faktor yang meliputi : kelembaban permukaan, makan yang tersedia, pH, temperatur serta pengkondisian permukaan.

Di dalam reaktor ini, mikroorganisme tumbuh diatas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Sebagian besar mikroorganisme melekat pada permukaan media dan selalu terjaga didalam reaktor. Ketika mikroorganisme terlepas dari Biofilm dan berkembang disekitar Liquid, bakteri tersuspensi ini normalnya berperan kecil dalam meremoval substrat.

Proses pengolahan dengan pertumbuhan melekat pada aerob adalah untuk mengolah materi organik pada limbah cair dan digunakan pula untuk mencapai proses *nitrifikasi*, yakni berupa proses perombakan *amonia* menjadi *nitrit*. Umumnya yang sering digunakan untuk pengolahan air limbah secara aerobik yaitu Trickle Filter. Disini air limbah didistribusikan seragam diatas permukaan media.

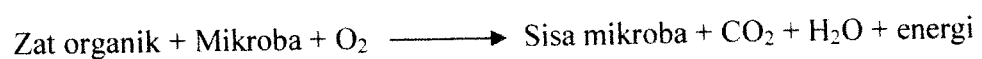
2.4 Pengolahan Air Buangan secara Aerob

2.4.1 Aerasi

Aerasi didefinisikan sebagai proses kontak antara air dan udara yang ditujukan untuk peningkatan kadar oksigen dalam air, pelepasan gas-gas dalam air, juga berfungsi untuk pengadukan pada proses pengolahan air limbah secara biologis (Ali Masduki & Agus Slamet, 2002).

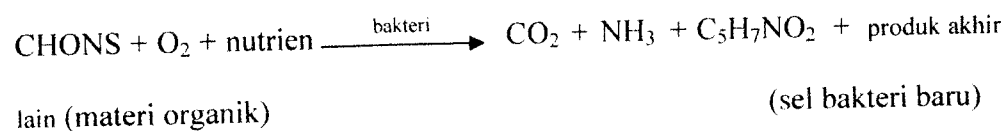
Proses aerobik pada dasarnya merupakan proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat terdapat oksigen bebas. Proses biologis secara aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah proses utamayang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron, elektron akhir adalah mikroorganisme aerobik. Beberapa pengolahan limbah cair secara aerobik adalah lumpur aktif, tricliling filter, kolam oksidasi, lagoon aerasi dan parit oksidasi (Jenie, B.S.L, 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 temperatur 37°C proses berjalan baik dan kenaikan 10°C kecepatan bereaksi akan berlipat. pH antara 6,5 – 8,5 (Mahida, 1993).

Urutan mekanisme pengolahan aerobik air buangan dapat dinyatakan dalam bentuk seperti dibawah ini :



2.4.2 Jenis Aerator

Empat tipe aerator yang umum digunakan yaitu Gravity aerators, Spray aerators, Diffusers, dan Mechanical aerators. Pertimbangan disain terbesar untuk semua tipe aerator adalah untuk menyediakan interface (bidang pemisah) maksimal antara udara dan air pada pengeluaran energi yang minimal. Jenis dari aerator tersebut adalah sebagai berikut :

2.4.2.1 Gravity aerators

Gravity aerators menggunakan bendungan (weirs), air terjun (waterfalls), air terjun kecil (cascades), bidang miring dengan piringan penderas, menara vertikal dengan aliran udara yang naik (vertical tower with updraft air), menara piringan yang dilubangi (perforated tray towers), atau packed tower filled dengan media kontak seperti coke atau batu (stone). Beberapa tipe gravity aerators, diantaranya :

1. Multiple tray aerator

Aerator ini perlengkapannya sangat sederhana dan persiapannya tidak mahal serta menempati ruang yang sangat sempit. Tipe aerator ini terdiri dari 4-8 tray dengan lubang dibagian bawah pada interval 30-50 cm. Lubang air dibuat sama dengan tray di atasnya, dan aliran ke bawahnya rata-rata sekitar $0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$. Air diterjunkan dan dikumpulkan lagi pada tiap-tiap tray. Tray

dapat dibuat dari beberapa bahan yang sesuai seperti papan asbes yang berlubang-lubang, pipa-pipa plastik dengan diameter kecil atau bilah-bilah kayu yang disusun paralel.

2. Cascade aerator

Aerator ini terdiri dari 4-6 anak tangga, ketinggian masing-masing sekitar 30 cm dengan kapasitas sekitar $0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$. Untuk menghasilkan turbulensi dan meningkatkan efisiensi aerasi, rintangan-rintangan setinggi ditempatkan pada ujung tiap anak tangga. Dibandingkan dengan tray aerator memerlukan ruang yang lebih luas tetapi mempunyai headloss lebih rendah. Manfaat yang lain adalah tidak sulit dalam perawatannya.

3. Multiple platform aerator

Aerator ini menggunakan prinsip yang sama dengan cascade aerator piringan berlapis (Platform) untuk terjunan air dibuat tanpa menghalang sehingga air dapat kontak dengan udara.

2.4.2.2 Spray aerator

Merupakan aerasi yang dapat menghasilkan semprotan air, sehingga air yang jatuh keluar akan berupa butiran-butiran. Hal ini sangat menguntungkan bila air yang dihasilkan semakin kecil, karena dengan butiran yang kecil kepermukaan air yang kontak langsung dengan udara semakin luas.

Nozzled spray aerator merupakan tipe spray aerator yang lain yaitu menggunakan pipa yang dilubangi secara teratur dengan semprotan ke atas. Untuk menghindari kemacetan, lubang nozzle (pipa) sebaiknya berukuran lebih dari 5 mm.

2.4.2.3 Diffused-air aerator

Tipe ini terdiri dari sebuah basin dengan pipa-pipa per lokasi, tabung-tabung porous yang digunakan untuk memompakan udara yang akan di lewatkan ke air, sehingga air tersebut teraerasikan. Tingkat terjadinya gelembung-gelembung itu banyak dipengaruhi oleh spray aerator, tetapi meskipun demikian udara harus ditekan diatas tekanan kedalaman air dimana difusi itu ditetapkan.

2.4.2.4 Mechanical aerator.

Aerator tipe ini terdiri dari sebuah propeler seperti daun pengaduk terpasang pada ujung sumbu vertikal yang dikendalikan oleh sebuah motor. Akibat putaran daun pengaduk yang cepat didalam air, maka terjadi pencampuran antara udara dan air. Tipe-tipe aerator mekanik pada umumnya yaitu aerator permukaan (tipe air ke dalam udara), aerator terendam (tipe udara ke dalam air), dan aerator kombinasi.

2.4.3 Aplikasi Aerasi

↳ Penyisihan rasa dan bau

Aerasi mempunyai keterbatasan dalam hal penyisihan rasa dan bau, sebagian besar rasa dan bau disebabkan oleh bahan yang sangat larut dalam air, sehingga aerasi kurang efisien dalam menyisihkan rasa dan bau ini dibandingkan dengan metoda pengolahan lain, misalnya oksidasi kimiawi atau adsorpsi.

↳ Penyisihan besi dan mangan

Penyisihan besi dan mangan dapat dilakukan dengan proses oksidasi.

Aplikasi aerasi dalam proses ini dapat memberikan cukup banyak oksigen

untuk berlangsungnya reaksi. Proses ini biasanya digunakan pada air tanah yang kebanyakan mempunyai kandungan oksigen terlarut yang rendah. Oleh karena itu, aerasi dalam aplikasi ini akan menghasilkan endapan dan meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut.

↳ Penyisihan Senyawa Organik Volatile

Senyawa organik yang bersifat mudah menguap (volatile) dapat disisihkan dengan cara aerasi.

↳ Penyisihan Karbondioksida

Karbondioksida dapat cepat hilang dengan cara aerasi. Karbondioksida mempunyai kelarutan yang rendah dalam air, sehingga aerasi sangat efisien dalam penyisihannya. Proses ini biasanya diterapkan pada pelunakan air tanah yang umumnya mempunyai kandungan karbondioksida yang tinggi. Tingginya konsentrasi karbondioksida dalam air dapat meningkatkan pemakaian bahan kimia untuk keperluan pelunakan.

↳ Penyisihan Hidrogen Sulfida

Hidrogen sulfida adalah senyawa utama penyebab rasa dan bau yang dapat diolah cukup efektif dengan aerasi. Mekanisme pengolahannya adalah terjadi oksidasi hidrogen sulfida menghasilkan air dan belerang bebas.

2.5 Pertumbuhan Mikroorganisme

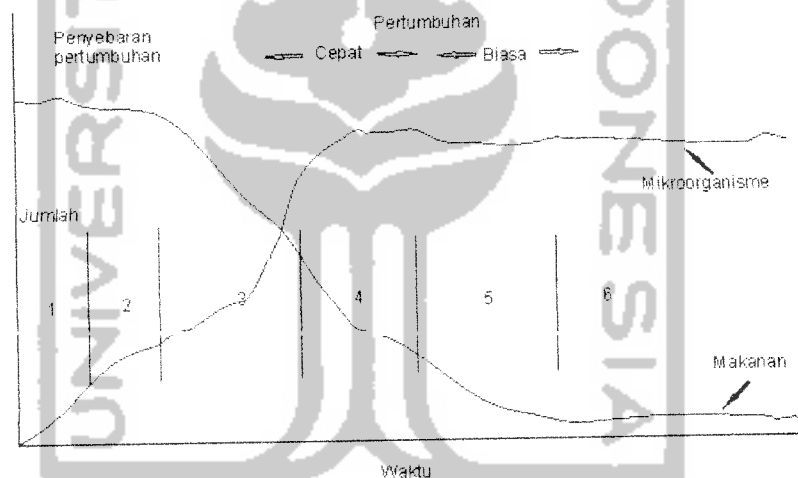
- Pertumbuhan Bakteri dalam Bak Reaktor

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 *stationary 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 2.1 dibawah ini:



- Ket:
- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1. <i>Lag Phase</i> | 4. <i>Declining Growth Phase</i> |
| 2. <i>Accelaration Phase</i> | 5. <i>Stationary Phase</i> |
| 3. <i>Log Phase</i> | 6. <i>Endogeneous Phase</i> |

Gambar 2.1 Kurva Pertumbuhan Bakteri Pada Bak Reaktor
Sumber: Sugiharto, 1987

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 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.

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 CO_2 dan H_2O . Pada

reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O 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 bicharbonat 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.

Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dengan BOD dapat ditetapkan seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan Rata-rata angka BOD₅ / COD untuk beberapa jenis air

Jenis Air	BOD ₅ / 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 Total Suspended Solid

TSS (Total Suspended Solid) adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Misalnya, Air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat bertahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain, sehingga mengakibatkan terjadinya penggumpalan yang kemudian diikuti dengan pengendapan. Jumlah padatan tersuspensi dalam air dapat diukur dengan Turbidimeter. Seperti halnya padatan terendap, padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga akan mempengaruhi regenerasi oksigen serta fotosintesis.

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 terdapat dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (efek tyndal) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan (presipitasi) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia.

Seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganik (tanah liat, kwarts) dan organis (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 organis 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.

Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering.

2.8 Septik Tank

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 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 diproses secara anaerobik oleh bakteri sehingga kandungan organik didalamnya akan terurai. Akibatnya setelah waktu tertentu , umumnya kalau septik tank tersebut sudah penuh dan isinya dikeluarkan maka sisa padatan sudah tidak berbau lagi. Yang tetap menjadi masalah adalah untuk benda cairan setelah padatannya

dipisahkan. Karena didalam cairan tersebut masih terkandung sejumlah mikroba yang mungkin masih bersifat patogen (dapat menyebabkan penyakit). Keluaran dari septik tank, dari sudut pandang kesehatan masyarakat sama bahayanya dengan air limbah segar sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang. Salah satu cara pemecahan yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan resapan.

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 2.4 Karakteristik Efluen Septik tank

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

(Sumber : EPA, 2002)

2.9 *Fluidized Bed Reactor*

Fluidized bed reaktor adalah tabung dengan unggun (media) internal tetap atau partikel suspensi fluidasi, dimana berfungsi sebagai pendukung bagi immobilitas biomassa.

Pada reaktor tipe ini, 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). 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 (Elinda, 2004).

Unggun terfluidakan (fluidized bed) merupakan suatu cara untuk mengontakkan dua macam zat dalam suatu tabung vertikal. Zat tersebut berupa partikel padat dengan cairan, dengan memilih partikel padat sebagai unggun dan cairan sebagai fluida. Fluida ini disebut "Fluidasi Padat Cair"

Fluidized Bed reaktor pada dasarnya merupakan sebuah tabung buatan yang terbuat dari bahan kasar, keras dan padat yang disusun dengan baik dan dialiri oleh air limbah. Menurut *Anonim (1986)*, faktor-faktor yang mempengaruhi bangunan *fluidized bed reaktor* adalah :

1. Faktor Abiotis

Faktor abiotis adalah berupa pH, temperatur, karakteristik air limbah, karakteristik filter dan bahan beracun. Air limbah yang akan diolah dengan *fluidized bed reaktor* harus diendapkan dahulu lumpurnya.

2. Faktor Biotis

Faktor biotis adalah mikroorganisme yang mendukung proses pengolahan.

Pada pengoperasian fluidized bed perlu dijaga pH limbah cair. pH optimum berada pada kisaran 7-9, keadaan basa atau asam dapat merusak proses biologi. Pemisahan padatan merupakan bagian penting dari proses

fluidized bed, pemisahan padatan dibutuhkan untuk merombak suspended solid yang terbawa aliran (Metcalf & Eddy, 1991).

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.

Perlakuan pengolahan dalam sistem fluidisasi dengan reaktor diberi media isian mempunyai keuntungan yaitu mikrobia tetap menempel pada permukaan media isian dan limbah cair yang kontak dengan media isian merupakan nutrisi bagi mikrobia (Anonim,1998).

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.

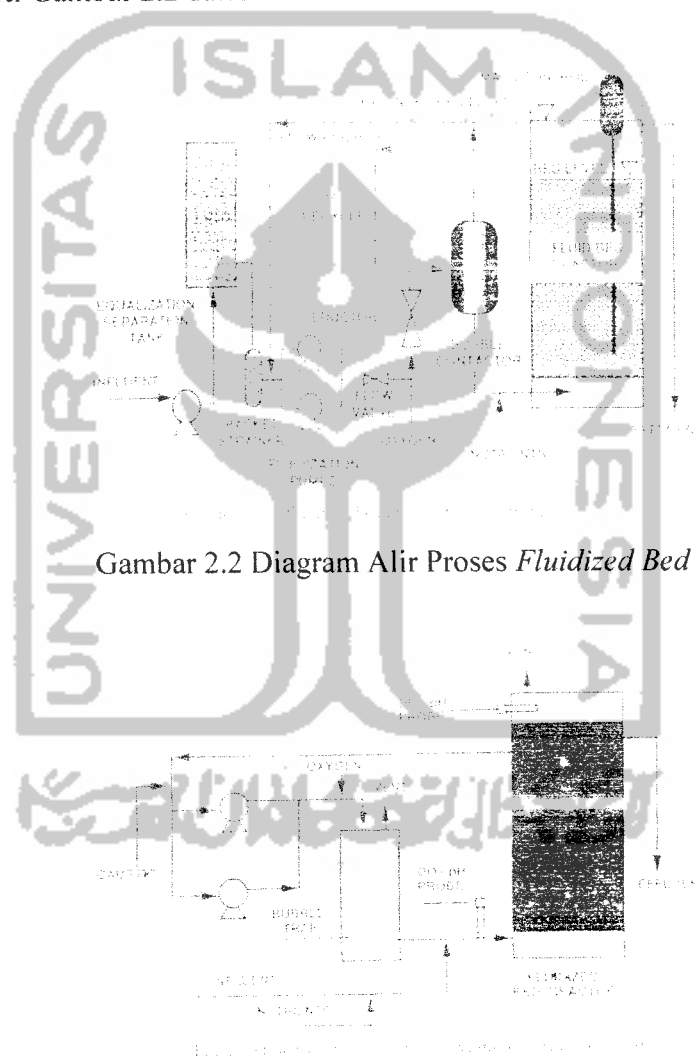
Reaktor *fluidized-bed* bergantung pada melekatnya partikel mikroorganisme yang dipertahankan dalam suspensi oleh satu tingkat arus fluida ke atas yang tinggi yang akan diolah. Pada beberapa kasus tertentu, *fluidized bed* disebut suatu reaktor *expanded-bed* atau reaktor *circulating-bed*. Partikel-partikel 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*. Velocitas 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 2.2 dan 2.3.



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses *Fluidized Bed*

Gambar 2.3 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 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5 Type reaktor berdasarkan efisiensi, HRT dan beban organik

Type reaktor	Beban Organik (kg COD/m ³ .hari)	HRT (hari)	% COD Removal
• <i>Anaerobic Lagoon</i>	0,1-0,5	1-20	35-75
• <i>Imhoff tank (10⁰ 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:

- 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

2.10 Media *Styrofoam*

Styrofoam atau *expanded polystyrene* dikenal sebagai gabus putih yang biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH=CH_2$) yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sebagai hasilnya *polyester* mempunyai bentuk yang tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah $100^{\circ}C$. *Polystyrene* memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , kuat tarik sampai 40 MN/m^2 , modulus lentur sampai 3 GN/m^2 , modulus geser sampai $0,99 \text{ GN/m}^2$, angka poisson 0,33

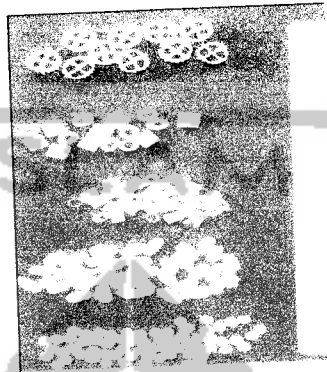
Bahan dasar styrofoam adalah polistiren, suatu jenis plastik yang sangat ringan, kaku, tembus cahaya, dan murah. Namun bahan tersebut cepat rapuh. Karena kelemahannya tersebut polistiren dicampur dengan senyawa butadien. Plastik busa yang mudah terurai menjadi struktur sel-sel kecil merupakan hasil proses peniupan dengan menggunakan gas

chlorofluorocarbon (CFC). Komponen-komponen dari plastik atau styrofoam dapat berbahaya akan tetapi kemungkinan tergantung dari jenis, lama kontak, luas cakupan bahannya (plastik/styrofoam) dan sebagainya.

Styrofoam termasuk dalam kategori polimer sintetik dengan berat molekul tinggi. Polimer sintetik berbahan baku monomer berbasis *etilena* serta berbagai turunannya yang berasal dari perengkahan minyak bumi. *Styrofoam* hanya sebuah nama dalam dunia perdagangan, nama sesungguhnya adalah *polystyrene* atau *poli(feniletena)* dalam bentuk foam. *Feniletena* atau *styrene* dapat dipolimerkan dengan menggunakan panas, sinar ultraviolet, atau katalis. *Poli(feniletena)* merupakan bahan termo plastik yang bening (kecuali jika ditambahkan pewarna atau pengisi), dan dapat dilunakkan pada suhu sekitar 100°C. *Poli(feniletena)* tahan terhadap asam, basa, dan zat pengarat (korosif) lainnya, tetapi mudah larut dalam hidrokarbon aromatik dan berklor. Dalam propanon (aseton) *poli(feniletena)* hanya mengembang. Penyinaran dalam waktu lama oleh sinar ultra ungu, sinar putih, atau panas, sedikit mempengaruhi kekuatan dan ketahanan polimer terhadap panas. *Poli(feniletena)* berbusa atau *styrofoam* diperoleh dari pemanasan *poli(feniletena)* yang menyerap hidrokarbon volatil. Ketika dipanasi oleh kukus (steam), butiran akan melunak, dan penguapan hidrokarbon didalam butiran akan menyebabkan butiran mengembang (Widya&Andi, 1999).

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 2.4



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

Penggunaan *styrofoam* sebagai media tempat menempelnya biofilm merupakan salah satu media alternative selain menggunakan kerikil dan pasir kuarsa. Alasan pemilihan *styrofoam* ini juga berdasarkan bahwa *styrofoam* termasuk dalam katagori plastik, dimana dalam proses penumbuhan bakteri salah satu bahan yang dapat digunakan adalah plastik. Sebagai media yang mengandung beberapa bahan yang berbahaya bagi manusia maka *styrofoam* dimanfaatkan sebagai tempat tumbuhnya biofilm sehingga *styrofoam* yang dianggap berbahaya tersebut dapat digunakan dalam pengolahan limbah. Selain itu juga dari segi ekonomis, *styrofoam* sangat mudah didapatkan dan harganya tidak terlalu mahal.

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%. Menurut Metcalf & Eddy bahwa *Aerobic Fluidized Bed Bioreactors* dapat menurunkan konsentrasi TSS dan COD dengan kualitas effluen yang baik.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan *Fluidized Bed* reaktor pada kondisi anaerobik saat *start up* bermedia *styrofoam*, untuk konsentrasi COD mengalami penurunan sebesar 14,063% (Nefa, 2006). Sedangkan konsentrasi BOD dan TSS untuk kondisi yang sama didapatkan penurunan masing-masing 39,17% untuk BOD dan 60,6% untuk TSS (Nely, 2007).



2.12 Hipotesa

- Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) pada limbah domestik mengalami perubahan sesuai dengan keadaan pada saat *Start up*.
- Mikroorganisme mempengaruhi terjadinya perubahan konsentrasi bahan organik COD dan TSS pada saat *Start up*.

