

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Pengertian Limbah Cair

Setiap komunitas menghasilkan limbah, baik limbah cair maupun limbah padat. Porsi cairan air limbah, sebelumnya merupakan air esensial yang kemudian melewati berbagai penggunaan. Air limbah dapat dipastikan mengandung komponen-komponen yang tidak diinginkan sebelum melalui proses pengolahan. Pembuangan air limbah ke lingkungan akan memunculkan beberapa masalah, diantaranya masalah kekurangan oksigen, merangsang pertumbuhan mikroorganisme tertentu seperti alga. Komponen-komponen tersebut terdiri dari bahan organik maupun anorganik, baik bahan terlarut maupun tidak terlarut. Dengan demikian karakteristik air limbah merupakan pertimbangan yang penting sebelum memulai proses evaluasi kinerja suatu sistem pengolahan air limbah.

Limbah cair adalah semua limbah cair rumah tangga, termasuk air kotor dan semua limbah industri yang dibuang ke sistem saluran limbah cair, kecuali air hujan atau drainase permukaan. Limbah cair merupakan gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri, dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan (Soeparman, Suparmin, 2002)

Adapun sumber limbah cair berasal dari :

1. Limbah cair rumah tangga dari perumahan, daerah perdagangan, perkantoran, kelembagaan (rumah sakit, penginapan, sekolah, asrama.) dan fasilitas rekreasi.
2. Limbah cair industri, dimana jenis dan kuantitasnya tergantung pada jenis dan besar kecilnya industri.
3. Limbah cair rembesan dan tambahan, limbah cair ini terjadi pada musim hujan, apabila tempat penampungan air hujan serta salurannya tidak mampu menampung air hujan dan akhirnya mengalir ke saluran limbah cair.

Air buangan terbagi menurut jenis dan macam buangannya, yaitu :

1. Jenis buangan domestik
2. Pabrik

Adapun parameter yang secara umum yang ada di IPAL adalah :

1. Suhu

Suhu air limbah perlu diperhatikan, karena dengan adanya kenaikan suhu air dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap sebagai akibat terjadinya degradasi anaerobik. Selain itu dengan kenaikan suhu juga mempengaruhi kehidupan biologis. (DEWATS)

2. BOD (*Biochemical Oxygen demand*)

Banyaknya oksigen dalam air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan semua zat organik dalam air. Semakin banyak zat organik yang terkandung, semakin besar kebutuhan oksigen sehingga nilai BOD semakin besar.

3. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

4. TSS (Total Suspended Solid)

5. NH_3 (Amoniak)

6. PO_4 (*Fosfor*)

Dalam aktivitas biologi dan kimia fosfor yang terjadi dalam air buangan banyak menghasilkan gas-gas seperti H_2S , NH_3 , dan CH_4 sebagai hasil dekomposisi zat organik, N_2 dan CO_2 yang berasal dari atmosfer. (DEWATS)

7. pH

Konsentrasi ion hidrogen merupakan ukuran kualitas air maupun air buangan. Kadar pH yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis didalam air berjalan dengan baik. Air buangan dengan konsentrasi pH yang tidak netral akan menyulitkan terjadinya proses biologis. pH yang baik bagi air limbah adalah netral ($\text{pH}=7$).

Dalam penelitian ini akan dilakukan evaluasi terhadap efisiensi kinerja bangunan IPAL, parameter yang akan di evaluasi yaitu COD, TSS dan NH_3 (Amoniak). Alasan pengambilan ketiga parameter tersebut :

1. Karena ketiga parameter tersebut merupakan parameter yang dominan dari suatu pengolahan limbah, karena nilai keluaran COD dan juga TSS air buangan pada IPAL cukup tinggi. Maka dari itu peneliti ingin mengetahui efektifitas bangunan IPAL dalam menurunkan kandungan dalam air buangan sebelum menuju ke badan air sungai Winongo.
2. Kadar COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses kimiawi dan dapat mengakibatkan berkurangnya O_2 terlarut.
3. karena lebih banyak senyawa organik yang dapat dioksidasi secara kimia daripada secara biologis.
4. Tes COD lebih menguntungkan dibandingkan tes BOD
5. kadar TSS dapat mempengaruhi proses pengoksidasian limbah, karena kadar TSS menyatakan jumlah partikel solid yang ada dalam kandungan limbah tersebut.
6. Limbah dari MCK menghasilkan senyawa organik seperti urine, feces dan sisa buangan rumah tangga. Urine, feces dan sisa buangan rumah tangga merupakan senyawa organik yang mengandung NH_3 (Amoniak).

3.2 Limbah Cair 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. Air buangan ini juga mengandung unsur-unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan mikroorganisme.

Adapun sumber-sumber limbah cair domestik yang masuk kedalam IPAL yaitu dari air buangan warga setempat, seperti : wc, dapur dan air sabun dari cucian. Untuk mengetahui air buangan domestik secara luas diperlukan pengetahuan yang mendetail tentang komposisi atau kandungan yang ada didalamnya, 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.

3.2.1 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. 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.

Limbah domestik terbagi dalam dua kategori yaitu :

1. Limbah cair domestik yang berasal dari air cucian seperti sabun, detergen, minyak dan pestisida.
2. Kedua adalah limbah cair yang berasal dari kakus seperti sabun, shampoo, tinja, air seni.

Limbah cair domestik menghasilkan senyawa organik berupa protein, karbohidrat, lemak dan asam nukleat. Jika limbah cair domestik ini dibuang ke sungai pada musim kemarau yang debit airnya turun, maka masukan bahan organik kedalam badan air akan mengakibatkan penurunan kualitas air yang disebabkan karena :

1. Badan air memerlukan oksigen ekstra guna mengurai ikatan dalam senyawa organik (dekomposisi), akibatnya akan membuat sungai miskin oksigen, membuat jatah oksigen bagi biota air lainnya berkurang jumlahnya. Pengurangan kadar oksigen dalam air ini sering mengakibatkan peristiwa ikan munggut (ikan mati masal akibat kekurangan oksigen).
2. Limbah organik mengandung padatan terlarut yang tinggi, sehingga menimbulkan kekeruhan dan mengurangi penetrasi cahaya matahari bagi biota fotosintetik.

3. Puluhan ton padatan terlarut yang dibuang akan mengendap dan merubah karakteristik dasar sungai, akibatnya beberapa biota yang menetap di dasar sungai akan tereliminasi atau bahkan punah.

Dampak limbah organik ini umumnya disebabkan oleh dua jenis limbah cair yaitu detergent dan tinja. Detergent sangat berbahaya bagi lingkungan karena dari beberapa kajian menyebutkan bahwa detergent mempunyai kemampuan untuk melarutkan bahan bersifat karsinogen, misalnya *3,4 Benzonpyrene*, selain gangguan terhadap masalah kesehatan, kandungan detergent dalam air akan menimbulkan bau dan rasa tidak enak.

Untuk lebih jelasnya mengenai sifat fisik ini, dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel. 3.1 Karakteristik limbah Cair 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	Mematikan sinar, jadi mengurangi

		limbah padat, garam, tanah, bahan organik yang halus, algae, organisme kecil.	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.	Mengurangi estetika
6.	Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat.

(Sumber : Sugiharto, 1987)

3.2.2 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).

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 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 urine. 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.

3.2.3 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 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.

Bagian yang paling berbahaya dari limbah domestik adalah mikroorganisme patogen yang terkandung dalam tinja, karena dapat menularkan beragam penyakit bila masuk dalam tubuh manusia, dalam 1 gr tinja mengandung 1 milyar partikel virus efektif, yang mampu bertahan hidup selama beberapa minggu pada suhu dibawah 10°C. Terdapat 4 mikroorganisme patogen yang terkandung dalam tinja yaitu : virus, protozoa, cacing dan bakteri yang umumnya diwakili oleh jenis *Escherichia coli* (*E-coli*). Menurut catatan badan kesehatan dunia (*WHO*) melaporkan bahwa air limbah domestik yang belum diolah memiliki kandungan virus sebesar 100.000 partikel virus infeksiif setiap literanya, lebih dari 120 jenis virus patogen yang terkandung dalam air seni dan tinja. Sebagian besar virus patogen ini tidak memberikan gejala yang jelas sehingga sulit dilacak penyebabnya.

3.3 Pengolahan Limbah Cair Domestik Secara Biologis

Proses pengolahan limbah domestik secara biologis adalah proses penghilangan berbagai senyawa yang tidak dikehendaki kehadirannya dengan cara memanfaatkan aktivitas dekomposer yang memetabolisme bahan-bahan organik yang terkandung di dalam air buangan.

Proses penguraian yang terjadi yang dilakukan oleh mikroorganisme itulah yang diharapkan terjadi sehingga penurunan kadar bahan organik yang terkandung dalam air limbah dapat diturunkan. Dalam hal ini peran mikroorganisme sebagai subjek penting dalam menurunkan konsentrasi air buangan sangatlah penting sehingga keberadaannya perlu di jaga dan diperhatikan dengan baik. Seperti hal layaknya makhluk hidup lainnya mikroorganisme memerlukan makanan dan kondisi yang ideal untuk melakukan proses penguraian bahan organik tersebut.

Adapun hal-hal yang sangat diperlukan oleh mikroorganisme dalam penguraian bahan organik yaitu :

- N, S, P, C sebagai makanan
- O_2
- Suhu yang ideal

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

Proses anaerob pada hakekatnya adalah proses pengubahan 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_2 (25 – 45 %), dan sejumlah kecil unsur $\text{H}_2\text{N}_2\text{H}_2\text{S}$ (Ye-Shi Cao, 1994).

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 singgih Purnomo, 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_4).

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 karbondioksida, sulfat, dan nitrat. Proses dimana bahan organik diurai tanpa adanya oksigen sering disebut fermentasi.

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.

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 (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

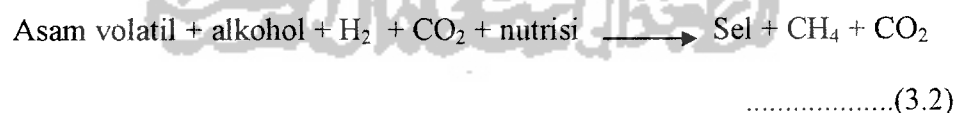
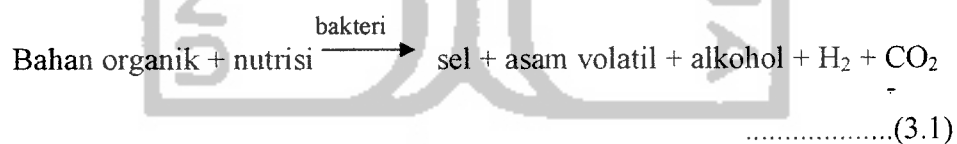
Tabel 3.2 Jenis-jenis genus bakteri metana

NO.	Bakteri	bentuk
1.	methanobacterium	berbentuk batang dan tidak membentuk spora.
2.	methanobacillus	bentuk batang dan membentuk spora
3.	methanococcus	bentuk kokus
4.	methanosarcina	bentuk sarcinae

(Sumber : Ibnu, 2002)

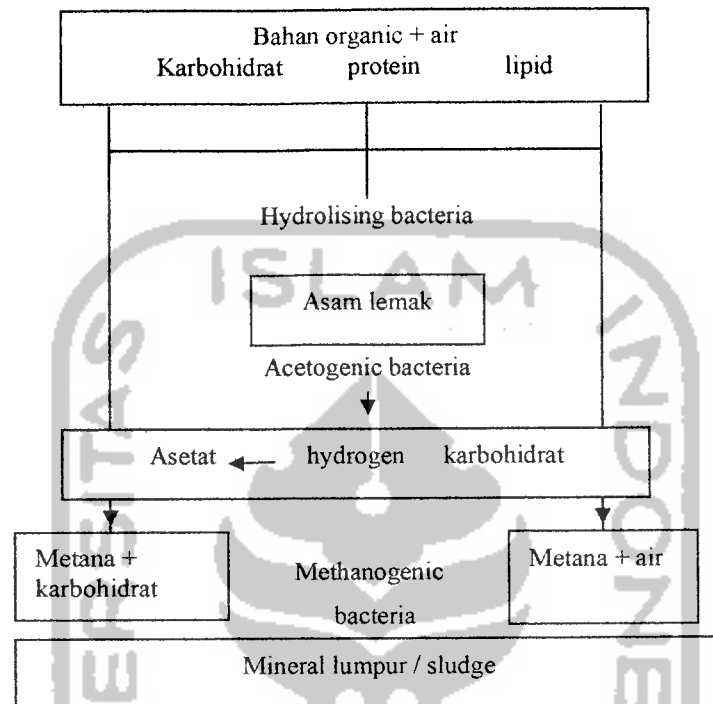
Keempat jenis bakteri tersebut mampu mengoksidasi hidrogen dengan menggunakan CO_2 sebagai akseptor elektron. Proses fermentasi metana pada air limbah dapat menghasilkan komponen organik yang sangat beragam yang dapat dioksidasi oleh bakteri, karena bakteri metan yang aktif juga sangat beragam dan saling berinteraksi. Asam volatil akan pecah menjadi asam lainnya dengan berat molekul yang lebih kecil dan asam tersebut bertindak sebagai mediator-penyebab pembentukan metana.

Tahapan reaksi yang penting dalam fermentasi adalah reaksi asam asetat yang juga dapat digunakan oleh bakteri metana. Selama proses fermentasi oleh aktivitas bakteri metana juga terjadi proses pembentukan sel karena karbon yang memasuki sistem tidak semuanya berfungsi hanya sebagai substrat saja tetapi juga sebagai bahan pembentuk sel. Reaksi selengkapnya adalah sebagai berikut (Betty, 1995) :



Pada sistem produksi asam atau metana biasanya keduanya berlangsung secara simultan. Hal ini menyebabkan sel yang terbentuk selama proses sulit untuk dipisahkan dari substratnya. Selain itu dengan sistem ini sel yang

dihasilkannyaupun sangat rendah yaitu hanya sekitar 0,05 gram/g COD yang terdapat pada sistem.



Gambar 3.1 Prinsip proses anaerobik yang disederhanakan (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 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. Methanobacterium 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.

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. Pemecahan komponen-komponen secara anaerobik akan menghasilkan produk-produk yang berbeda seperti dibawah ini :

Tabel 3.3 Hasil produk pemecahan komponen anaerobik dan aerobik

Kondisi aerobik	Kondisi anaerobik
C \longrightarrow CO_2	C \longrightarrow CH_4
N \longrightarrow $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3$	N \longrightarrow $\text{NH}_3 + \text{amin}$
S \longrightarrow H_2SO_4	S \longrightarrow H_2S
P \longrightarrow H_3PO_4	P \longrightarrow $\text{PH}_3 + \text{komponen fosfor}$

(Sumber : Ibnu, 2002)

Senyawa-senyawa hasil penguraian secara aerobik seperti amin, H_2S dan komponen fosfor mempunyai bau yang menyengat, misal amin berbau anyir sedangkan H_2S 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.

Tabel 3.4 Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses anaerobik

NO.	Komponen	Keterangan
1.	pH	pH yang optimal untuk berlangsungnya proses anaerobik berkisar antara 6,5-7,5. Pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada pertama fermentasi. Apabila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi pH (pH turun).
2.	Suhu	Suhu yang optimum untuk proses fermentasi metan adalah sekitar 37° C–40°C. Bakteri-bakteri anaerobik yang bersifat mesofilik biasanya dapat tumbuh pada suhu 20°C–45° C, pada suhu diatas 40°C produksi gas metan akan menurun drastis.
3.	Pencampuran	Adanya ion logam yang berlebihan tidak dikehendaki pada proses fermentasi metan, karena akan menyebabkan keracunan bagi mikroba pada konsentrasi tertentu. Ion-ion logam yang bersifat toksik tersebut adalah Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ yakni bila konsentrasinya lebih dari 1000 mg/l. Sedangkan bila konsentrasi ion logam tersebut hanya berkisar 50–200 mg/l maka pengaruh yang ditimbulkannya adalah pengaruh yang menguntungkan karena memberikan pengaruh stimulasi.
4.	Waktu retensi (HRT)	Waktu retensi minimum untuk proses anaerobik umumnya 24 jam
5.	Kapasitas dan bahan-bahan	Bahan-bahan organik biasanya mengandung nutrisi yang cukup baik untuk

	nutrisi yang diperlukan untuk proses	pertumbuhan mikroba. Pada proses anaerobik ini media yang mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur nitrogen, karbon, fosfat layak untuk diperhatikan yaitu biasanya dalam perbandingan : karbon : nitrogen : fosfat = 150 : 55 : 1.
--	--------------------------------------	--

(Sumber : Ibnu, 2002)

3.4 DEWATS

Aplikasi DEWATS didasarkan pada prinsip pemeliharaan sederhana berbiaya rendah/murah karena bagian paling penting dari sistem ini beroperasi tanpa memerlukan input energi, serta tidak dapat dimatikan dan dihidupkan dengan sengaja.

DEWATS menyediakan teknologi dengan biaya terjangkau, karena sebagian besar bahan/input tersedia di lokasi setempat.

- 1 DEWATS menyediakan pengolahan limbah industri maupun domestik
- 2 DEWATS mengolah limbah dengan kapasitas aliran 1-1000 m³ per hari
- 3 DEWATS dapat diandalkan, tahan lama dan toleran terhadap fluktuasi masukan limbah.
- 4 DEWATS tidak memerlukan pemeliharaan yang rumit.

Penerapan DEWATS didesain sedemikian rupa sehingga lahan yang tersedia terpakai dengan efisien. Akan lebih baik jika DEWATS sebisa mungkin dibangun di lahan yang berposisi paling rendah, karena limbah cair bisa dialirkan dari sumbernya ke lokasi pengolahan dengan hanya mengikuti gaya gravitasi.

Tempat pengolahan awal dan sekunder *DEWATS* terletak di bawah tanah dan ditutup dengan cor beton. Oleh karena itu, sistem ini tidak mengganggu pemandangan dan tidak berbau. Pengolahan awal dan sekunder bisa dibangun dibawah lahan parkir dan bisa disesuaikan dengan lingkungan sekitarnya. Total lahan yang diperlukan untuk pengolahan *DEWATS* tergantung pada total volume air limbah, kadar polusi, puncak aliran maksimal dan faktor lain.

Berdasarkan pada desain yang ada, lahan rata-rata yang diperlukan *DEWATS* berkisar antara $1,5 - 3 \text{ m}^2$ per m^3 aliran air limbah setiap hari. Sistem kerja *DEWATS* tanpa menggunakan kemampuan secara teknis.

Kebutuhan pada *DEWATS* :

1. kemampuan pengaturan secara umum
2. operasi dan pemeliharaan sederhana (*O & M*)
3. proses secara nyata, stabil dan terang-terangan
4. sedikit atau tidak memakai bahan kimia
5. sedikit atau tidak memakai penyediaan energi eksternal.
6. tersedianya tempat perbaikan lokal.

Sistem pengolahan *DEWATS* didasarkan pada 4 sistem pengolahan:

1. pengolahan awal dan sedimentasi
2. pengolahan sekunder anaerobik dengan reaktor fixed bed atau reaktor baffle
3. pengolahan tersier aerobik / anaerobik pada sistem filter aliran bawah tanah
4. pengolahan tersier aerobik / anaerobik di dalam kolam.

Sedimentasi dan pengolahan primer pada kolam sedimentasi, septik tank atau Imhoff tank Pengolahan anaerob sekunder pada *fixed bed filters (anaerobik filters)* or *baffled septic tank*, Pengolahan anaerobik atau aerobik sekunder dan tersier pada *constructed wetlands (subsurface flow filters)*, Pengolahan anaerobik atau aerobik sekunder dan tersier pada kolam (DEWATS)

Sistem ini sepakat dikombinasikan pada kualitas dari influent dan effluent air buangan yang dibutuhkan. Sebagian besar sama dalam skala kecil dan sistem pengolahan terdesentralisasi yang cukup besar. Pada dasarnya pada tangki sedimentasi lumpur telah diendapkan dan distabilkan pada *anaerobik digestion*. Materi terlarut dan tersuspensi yang tertinggal di dalam tangki tidak terolah. Septik tank ini terdiri dari 2-3 ruang (kompartemen). Digunakan pada air buangan yang mengandung *suspended solid*, terutama air buangan domestik sederhana, tahan lama dibutuhkan ruang yang kecil karena terletak dibawah tanah dan sangat efisien dalam perbandingan harga. Efisiensi pengolahan rendah, effluent tidak berbau (jika terjadi pada proses anaerobik). Penerapan DEWATS dirancang sedemikian rupa sehingga air yang diolah memenuhi persyaratan peraturan dan hukum lingkungan.

Teknik Pengolahan Sistem DEWATS

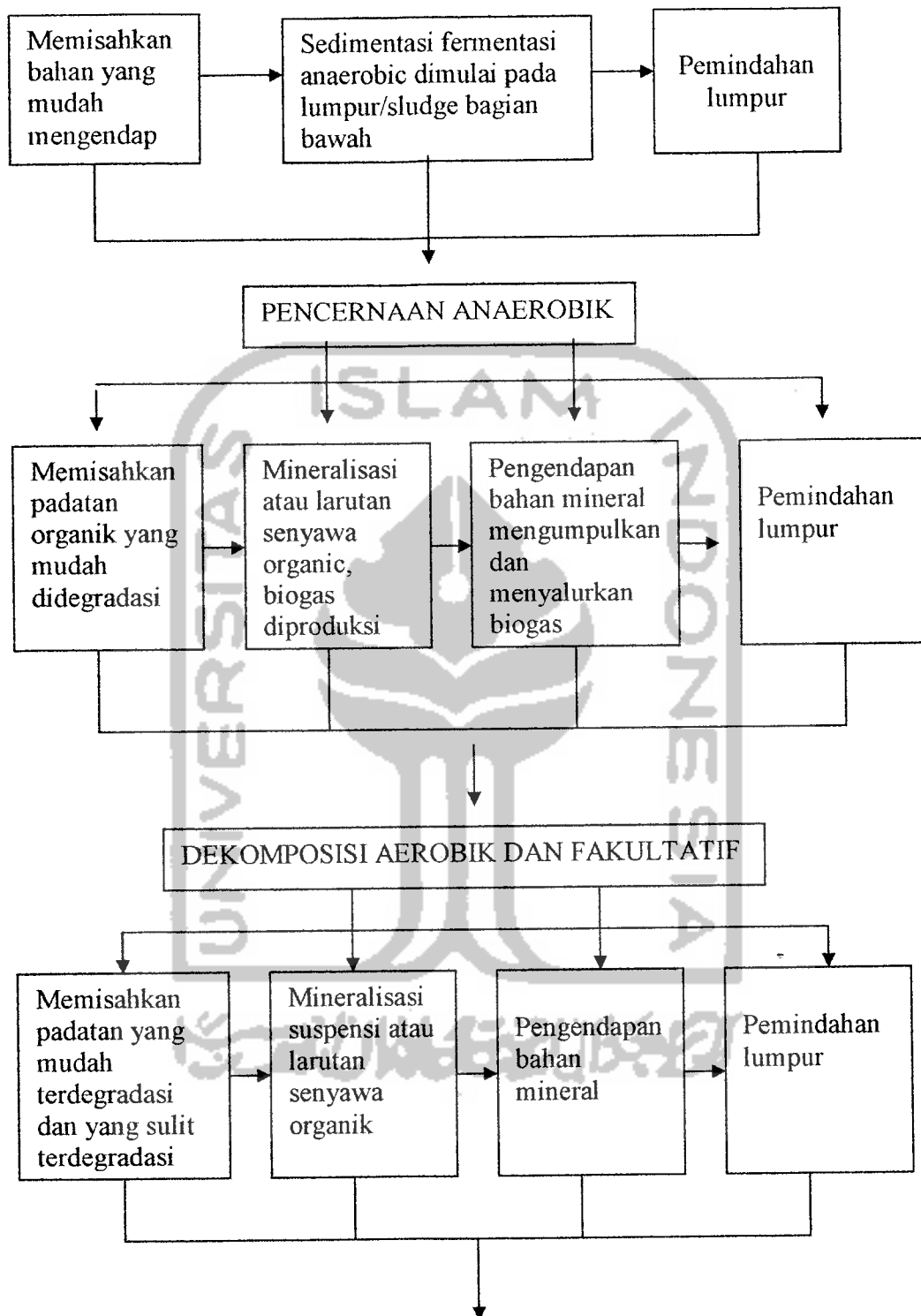
Pengolahan pada dasarnya merupakan proses stabilisasi polutan melalui proses oksidasi, pemisahan bahan padatan (*solid*), serta penghilangan zat-zat beracun atau berbahaya.

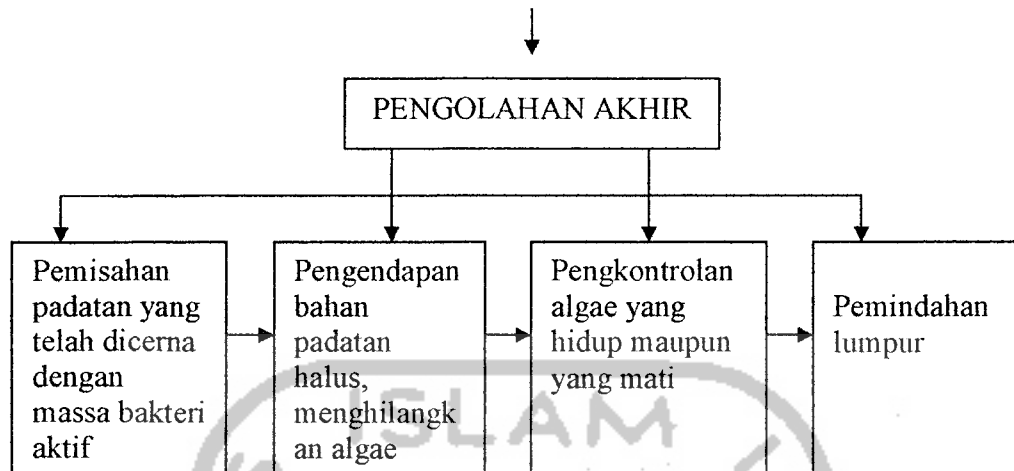
Penerapan rancang bangun *DEWATS* didasarkan pada prinsip perawatan yang sederhana dan berbiaya rendah/murah, karena bagian paling penting dari sistem ini beroperasi tanpa memerlukan input energi serta tidak dapat dimatikan dan dihidupkan dengan tiba-tiba.

DEWATS menyediakan teknologi dengan biaya terjangkau/murah, karena sebagian besar bahan/input tersedia di lokasi setempat.

- 1 *DEWATS* menyediakan pengolahan limbah industri maupun domestik.
- 2 *DEWATS* mengolah limbah dengan kapasitas aliran 1-500 m³ per hari.
- 3 *DEWATS* dapat diandalkan bangunannya tahan lama, dan toleran terhadap fluktuasi masukan limbah.
- 4 *DEWATS* tidak memerlukan pemeliharaan yang rumit.

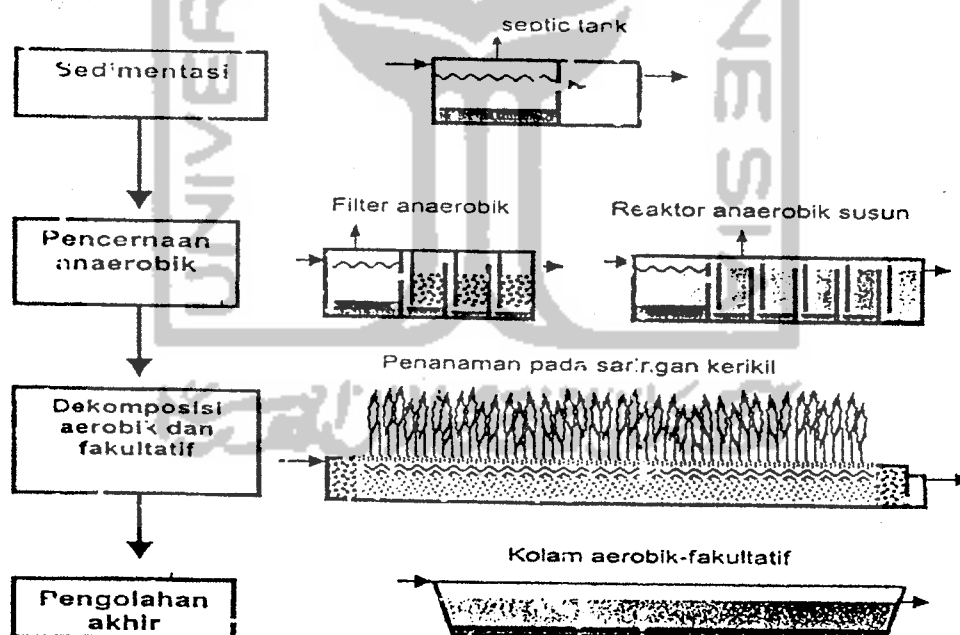
DEWATS didesain sedemikian rupa sehingga air yang diolah memenuhi baku mutu sesuai yang dipersyaratkan oleh pemerintah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.2 dan 3.3 .





Sumber : DEWATS

Gambar 3.2 Pengolahan Air Limbah DEWATS



Sumber : DEWATS

Gambar 3.3 Sistem Pengolahan Air Limbah DEWATS

3.5 Klasifikasi Sistem Sanitasi

Sistem sanitasi ditentukan oleh skalanya. Ada tiga tingkatan dalam sistem sanitasi yaitu antara lain sanitasi *on-site*, *off-site* dan komunal (*Decentralized Environmental management for Yogyakarta, 2004*). Dalam perencanaan IPAL komunal sanitasi yang dipergunakan yaitu sistem sanitasi komunal, berikut ini gambaran dari sistem sanitasi komunal.

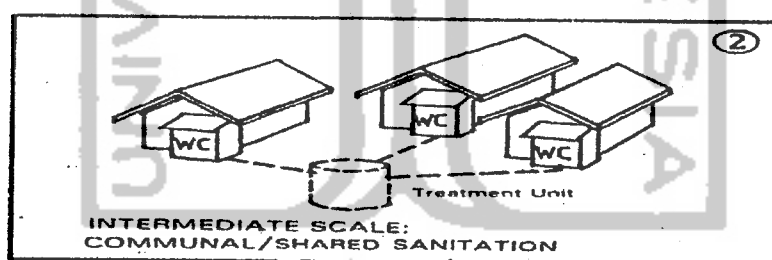
Sanitasi Komunal

Di Kota Yogyakarta ada beberapa inisiatif masyarakat untuk pengelolaan limbah manusia, khususnya di wilayah yang tidak bisa dijangkau oleh jaringan air limbah. Kadang-kadang, masyarakat membangun satu pipa utama di sekitar daerah permukiman yang biasanya menuju sungai atau saluran irigasi. Kemudian warganya membangun sambungan rumah tangga masing-masing ke pipa utama tersebut.

Beberapa fasilitas masyarakat, seperti MCK, merupakan bentuk lain dari sistem sanitasi komunal yang ditemukan di beberapa wilayah di Kota Yogyakarta. Dari tahun 1996 sampai 2005, telah ada beberapa fasilitas sanitasi komunal yang dibangun di kota Yogyakarta, di bawah pengawasan dan pendanaan YUDP. Berdasarkan upaya percontohan tersebut, pada tahun 2005, Kantor Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Yogyakarta, kemudian bekerjasama dengan proyek *Decentralized Wastewater Treatment System (DEWATS)*,

Sistem ini dilakukan untuk menangani limbah domestik pada wilayah yang tidak memungkinkan untuk dilayani oleh sistem terpusat ataupun secara

individual. Penanganan dilakukan pada sebagian wilayah dari suatu kota, dimana setiap rumah tangga yang mempunyai fasilitas MCK pribadi menghubungkan saluran pembuangan ke dalam sistem perpipaan air limbah untuk dialirkan menuju instalasi pengolahan limbah komunal. Untuk sistem yang lebih kecil dapat melayani 2 – 5 rumah tangga, sedangkan untuk sistem komunal dapat melayani 10 – 100 rumah tangga atau bahkan dapat lebih. Effluent dari instalasi pengolahan dapat disalurkan menuju sumur resapan atau juga dapat langsung dibuang ke badan air (sungai). Fasilitas sistem komunal dibangun untuk melayani kelompok rumah tangga atau MCK umum. Bangunan pengolah air limbah diterapkan di perkampungan dimana tidak ada lahan lagi untuk membangun sanitasi secara individu, lebih jelasnya lihat pada gambar 3.4 :



Sumber : BORDA (Bremen Overseas Research Development Association)

Gambar 3.4 Gambaran ringkas sistem sanitasi komunal

3.6 Septik Tank

3.6.1 Sejarah 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.

Penggunaan septik tank sebagai pengolahan primer pada limbah domestik pertama kali dimulai di Amerika Serikat pada tahun 1880. tetapi yang lebih mengherankan lagi septik tank itu sendiri dikenal sejak 60 tahun yang lalu atau menjadi sebuah tempat aktivitas masyarakat yang mana didalamnya terdapat pemisahan dari efluen di bawah permukaan tanah. (Kreissl, 2003). Pada tahun 1950 mulai dikenalkan kelompok perumahan yang statusnya dibawah tren dari kota yang berkembang sangat luas mendekati dari pengertian dari *sewer* itu sendiri.

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 di tahan dalam septik tank maka benda-benda padat akan mengendap di dasar 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 3.5 Perbandingan efluen pada septik tank antara satu kompartemen dan dua kompartemen

karakteristik	Satu ruang			Dua ruang		
	influen	efluen	%	influen	efluen	%
			removal			removal
BOD mg/L	184	85	54 %	184	99	46 %
TSS mg/L	234	44	81 %	234	123	48 %
SS ml/L	16,9	0,2	98,8 %	16,9	0,6	96,9 %

(Sumber : Seabloom, 1982).

Tabel 3.6 Perbandingan efluen pada septik tank antara satu kompartemen dan dua kompartemen

karakteristik	Satu ruang			Dua ruang		
	influen	efluen	%	influen	efluen	%
			removal			removal
BOD mg/L	288	195	32,3 %	267	184	31,1 %
TSS mg/L	310	64	79,5 %	306	57	81,5 %
SS ml/L	-	-	-	-	-	-

(Sumber : Boyer and Rock, 1992).

Tabel 3.7 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)



Tabel 3.8 Perbandingan karakteristik dari air limbah tercampur dengan sumber lain

	unit	Curah hujan	Range konsentrasi dari parameter		
			Air runoff	Air buangan tercampur	Air buangan domestik
TSS	mg/L	< 1	67 – 101	270 – 550	120 – 370
COD	mg/L	9 – 16	40 – 73	260 – 480	260 – 900
TKN	mg/L		0,43 – 1,00	4 – 17	20 – 705

(Sumber : Metchalf & Eddy, 1977 , Huber, 1984 , US. EPA, 1983).

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)

Septik tank tersebut mulai digunakan di Amerika Serikat pada tahun 1895, tetapi diperlukan 60 tahun lagi untuk menjadikan *subsurface dispersal* proses yang umum.

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

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

Tinja merupakan bagian dari air buangan limbah domestik yang berasal dari tubuh manusia yang merupakan sisa dari proses metabolisme dan keberadaannya di lingkungan telah tercampur dengan *urine*, air penggelontor serta air buangan lainnya yang tercampur. (Anonim, 1979).

Instalasi pengolahan lumpur tinja adalah salah satu bentuk bangunan yang dibuat untuk mengolah lumpur tinja disedot dari septik tank penduduk (Sri redzeki, 2001).

Kandungan air dari tinja bervariasi tergantung dari berat tinja, makin tinggi berat tinja, maka kandungan air yang diperlukan makin banyak. Volume tinja yang diperhitungkan untuk pengolahan dapat diketahui dari jumlah tinja tambah air *urine* tambah air untuk pembersih dubur dan lingkungan sekitarnya. Beberapa masalah yang dihadapi pada saat sekarang ini antara lain pembuangan limbah tinja sangat berpengaruh terhadap lingkungan khususnya pada lingkungan fisik terutama pada tanah dan air. (Kusnaputranto, 1993).

Kotoran rumah tangga termasuk kotoran dari wc dan kamar mandi yang berupa kotoran-kotoran manusia adalah segala benda atau zat yang dihasilkan oleh tubuh yang dipandang tidak berguna sehingga dikeluarkan untuk dibuang. (Azrul Azwar, 1979). Sehingga pembuangan tinja di sembarang tempat menjadi sarang dan berkembang biaknya vektor seperti kecoa, tikus, nyamuk dan lalat disebabkan umumnya vektor tersebut mempunyai kebiasaan hidup pada tempat-tempat yang berbau busuk. (Oscar Tabaoda, 1976).

Tinja dapat berpengaruh terhadap manusia terutama bila pengolahannya tidak baik, hal ini disebabkan tinja sebagai sumber infeksi bagi manusia.(Dep.Kes RI, 1990/1991).

Septik tank terdiri dari 2-3 ruang (*chamber*). Digunakan pada air buangan yang mengandung SS, terutama air buangan domestik sederhana, tahan lama dibutuhkan ruang yang kecil karena terletak dibawah tanah dan sangat efisien dalam perbandingan harga. Efisiensi pengolahan rendah (15 % - 45 % BOD), effluent tidak berbau (jika terjadi pada proses anaerobik) dan bila effluent masih berbau karena mengandung bahan yang belum terdekomposisi sempurna). Prinsip dua pengolahan tersebut (sedimentasi dan stabilisasi) adalah pengolahan mekanik dengan pengendapan dan pengolahan biologi dengan kontak antara limbah baru dan lumpur aktif di dalam septik tank. Pengendapan optimal terjadi ketika aliran tenang (*laminar*) dan tidak terganggu. Pengolahan biologi dioptimalkan oleh percepatan dan kontak intensif antara aliran baru dan lumpur lama, apalagi bila aliran mengalami *turbulen*.

Dengan aliran yang tenang dan tidak terganggu, *supernatant* (cairan yang telah berkurang unsur padatnya) yang tertinggal di septik tank lebih segar dan baunya tidak terlalu menyengat, yang menunjukkan bahwa penguraian belum berlangsung. Dengan aliran turbulen, penguraian larutan dan penghancuran pada zat padat berlangsung cepat dikarenakan adanya kontak intensif antara limbah segar dan yang sudah aktif. Meski demikian, ketenangan untuk pengendapan tidak mencukupi, sehingga padatan terlarut yang berlebih akan keluar oleh cairan

turbulen. Buangan tersebut berbau karena padatan aktif dalam bak belum terfermentasi secara sempurna.

Tabel 3.9 Kriteria desain septik tank

Septik tank	Kriteria Desain
HRT minimum 1 harinya diperkirakan	6 jam 1,5-0,3 log (debit air limbah dalam lite)
Interval minimum pengurasan	1-1,5 tahun
Akumulasi lumpur per kapita	35 liter / p.e tahun
Volume total tangki	Volume retensi cairan+volume penyimpanan lumpur / buih
Kedalaman cairan optimal dalam septik tank	1,5 meter
Ruang diantara tinggi air dan dibawah permukaan	0,3 meter
Kedalaman minimum tangki dan pengurasan	0,6 meter
-Total rasio panjang / lebar -Rasio panjang tangki primer/sekunder -panjang tangki primer	3 /1 2 /1 2/3 total panjang-panjang tangki sekunder = 1/3 total panjang

(Sumber : YUDP Yogyakarta, 1996).

Waktu Detensi yang terjadi di dalam septik tank itu sendiri terbagi dua yaitu waktu detensi air dan waktu detensi lumpur. Pada umumnya efisiensi lumpur yang mengendap mencapai 70 %, hal ini tergantung dari waktu detensi, jarak antara inlet dan outlet. Lumpur yang segar akan mengendap dalam ruang lumpur dan selanjutnya terjadi proses mineralisasi, dimana lumpur segar yang terdiri dari zat-zat organik diuraikan oleh bakteri aerobik menjadi mineral. Lama proses pembusukan antara 60–100 hari.

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. Untuk rasio SS/COD adalah : 0,35 hingga 0,45

Table 3.10 Karakteristik effluen 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 ₃	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	$5 \times 10^4 - 5.8 \times 10^5$	4.3×10^5

(Sumber : Metchalf & Eddy, 2003)

Tabel 3.11 Karakteristik kandungan limbah

Komponen	Range konsentrasi	Tipikal Konsentrasi
TSS	155-330 mg/L	250 mg/L
BOD ₅	155-286 mg/L	250 mg/L
pH	6 -9	6,5

(Sumber : Seabloom, 1982)

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

- Semua kawasan permukiman (*real estate*), kawasan perkantoran, kawasan perniagaan dan apartemen.
- Rumah makan (restauran) yang luas bangunannya lebih dari 1000 m².
- Asrama yang berpenghuni 100 orang atau lebih.

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

Tabel 3.12 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 3.13 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)

**Tabel 3.14 Case Study : Efluen septik tank dan kualitas air tanah
(efluen dari sumur resapan)**

Parameter (unit)	Statistik	Kualitas efluen septik tank	Kualitas air tanah pada h 0,6 m (2 feet)	Kualitas air tanah pada h 1,2 m (4 feet)
BOD (mg/L)	Mean Range #sampel	93,5 46 – 156 11	< 1 < 1 6	< 1 < 1 6
TKN (mg/L)	Mean Range #Sampel	44,2 19 – 53 11	0,77 0,4-1,48 35	0,77 0,25-2,10
F.Coli(log#per 100 mL)	Mean Range #Sampel	4,57 3,6-5,5 11	Td < 1 24	Td < 1 21

(Sumber : Anderson, 1994)

3.6.2 Perhitungan Efisiensi dari Parameter Kualitas Air Buangan (η)

$$(\eta) = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

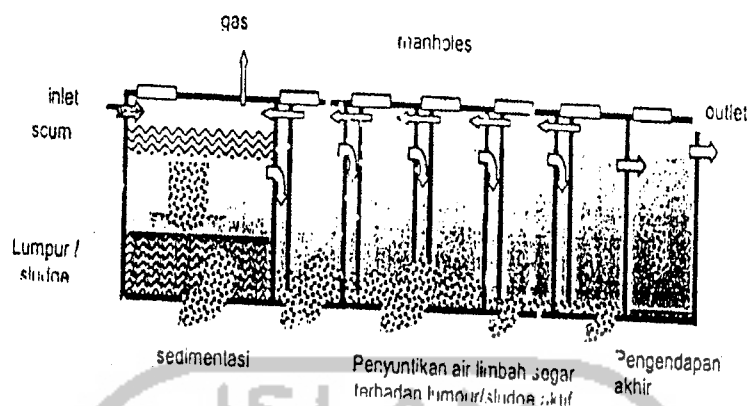
X_1 : Konsentrasi awal (mg/l)

X_2 : Konsentrasi akhir (mg/l)

3.7 SEPTIK TANK SUSUN (*Anaerobic Baffled Reactor*)

Septik tank susun (yang juga dikenal dengan *baffle septic tank* atau *baffle reaktor*) bukan sekedar septik tank yang ditambah kotak *chamber*nya. Karena proses yang terjadi di dalam septik tank susun adalah berbagai ragam kombinasi proses anaerobik hingga hasil akhirnya lebih baik, proses-proses tersebut adalah :

- 1 Sedimentasi padatan
- 2 Pencernaan anaerobik larutan padatan melalui kontak dengan lumpur/*sludge*
- 3 Pencernaan anaerobik (fermentasi) lumpur/*sludge* bagian bawah
- 4 Sedimentasi bahan mineral (stabilisasi)



Sumber : DEWATS

Gambar 3.5 Septic Tank susun (*Anaerobic Baffled Reactor*)

Karakteristik *Baffle Reaktor* :

Jenis pengolahan : degradasi anaerobik, penurunan *COD* 60-90%

Macam air limbah : air limbah domestik dan air limbah industri dengan ratio *COD/BOD* kecil.

Kelebihan : sederhana, handal, tahan lama, efisiensi tinggi, di bawah permukaan bawah tanah

Kelemahan : butuh ruangan yang besar selama konstruksi, kurang efisien untuk limbah yang ringan, butuh waktu yang Panjang untuk pemasakan/pencernaan.

Pada ruang pertama *baffle* reaktor, proses yang terjadi adalah proses *settling*/pengendapan (sama yang terjadi pada septic tank). Pada ruang selanjutnya proses penguraian karena kontak antara limbah dengan akumulasi mikroorganisme. *Baffle* reaktor yang baik mempunyai minimum 4 *chamber*.

Faktor penting yang benar-benar diperhatikan dalam desain adalah waktu kontak yang ditunjukkan dengan kecepatan aliran ke atas (*uplift* atau *upstream velocity*) di dalam *chamber* no 2 sampai dengan no 5. Bila terlampau cepat maka proses penguraian tidak terjadi dengan semestinya dan malah bangunan yang kita buat percuma saja. Kecepatan aliran *uplift* jangan lebih dari 2 m/jam.

Untuk keperluan desain *HRT* tertentu *uplift velocity* ini tergantung dari luas penampang (panjang dan lebar). Dalam hal ini faktor tinggi (kedalaman *chamber*) tidak berpengaruh atau tidak berfungsi sebagai variabel dalam desain. Konsekuensinya model bak yang dibutuhkan adalah yang penampangnya luas tapi dangkal. Karena itu sistem ini relatif membutuhkan lahan yang luas hingga kurang ekonomis untuk unit besar. Tetapi untuk unit kecil dan menengah *baffle* septik tank cukup ideal. Lebih-lebih fluktuasi/goncangan hidrolis dan organik *load* tidak begitu mempengaruhi untuk kerja sistem ini.

Variable desain berikutnya adalah hubungan antara panjang (*L*) dengan tinggi (*h*). Agar limbah yang masuk terdistribusi secara merata maka dianjurkan *L* antara 0,5 – 0,6 dari *h*. Dengan demikian meskipun *h* tidak ada pengaruhnya terhadap *uplift velocity*, tetapi rasio antara *h* dan *L* perlu diperhatikan agar distribusi limbah bisa merata dan kontak dengan mikroorganisme bisa efisien. Variabel desain yang lain adalah *HRT* (*hydraulic retention time*) pada bagian cair (di atas lumpur) pada *baffle* reaktor minimum harus 8 jam.

Baffle reaktor cocok untuk banyak macam limbah cair, termasuk limbah domestik. Efisiensinya cukup besar pada beban organiknya yang tinggi. Efisiensi pengurangan *COD* dalam pengolahan antara 65% - 90%, sedang *BOD* nya antara

70% - 95%. Namun perlu dicatat bahwa proses pembusukan memerlukan waktu sekitar 3 bulan.

Lumpur harus dikuras secara rutin seperti halnya pada septik tank. Sebaiknya sebagian lumpur selalu harus disisakan untuk kesinambungan efisiensinya. Sebagai catatan bahwa jumlah lumpur di bagian depan *digester* lebih banyak daripada di bagian belakang.

Hal yang perlu diperhatikan pada tahap permulaan penetapan *baffle* reaktor bahwa, efisiensi pengolahan tergantung pada perkembangbiakan bakteri aktif. Pencampuran limbah baru dengan lumpur lama dari septik tank mempercepat pencapaian kinerja pengolahan yang optimal. Pada prinsipnya lebih baik mulai mengisi limbah dengan seperempat aliran harian dan bila memungkinkan dengan limbah cair yang sedikit lebih keras. Selanjutnya pengisian dinaikkan secara perlahan setelah 3 bulan. Hal tersebut akan memberi kesempatan yang cukup bagi bakteri untuk berkembang biak sebelum padatan tersuspensi keluar. Berawal dengan beban hidraulik penuh akan menunda proses pembusukan.

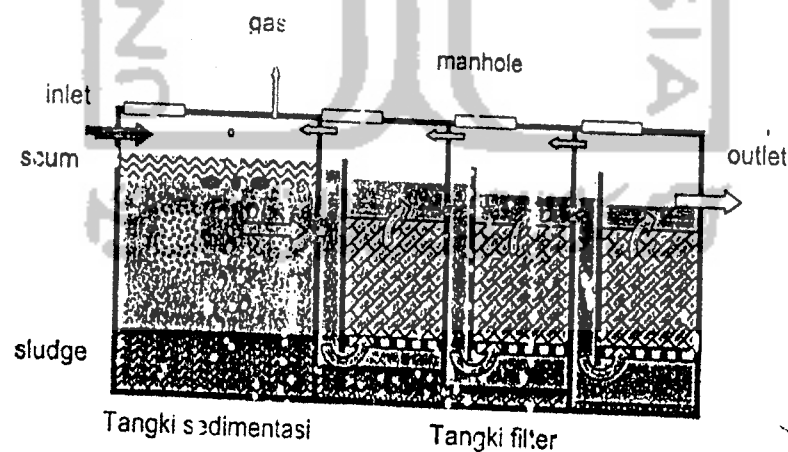
Meskipun interval pengurasan secara reguler diperlukan, hal penting yang perlu dijaga bahwa sebagian lumpur aktif harus disisakan dalam ruangan untuk menjaga proses pengolahan secara stabil.

3.8 Filter Anaerobik

Pada pengolahan sistem septik tank yang telah kita bahas di atas bahwa proses yang terjadi adalah sedimentasi (pengendapan) dari bahan-bahan yang dapat terendapkan dan selanjutnya terjadi proses penguraian/digestion dari bahan-

bahan yang terendapkan tersebut. Sedangkan kandungan bahan yang masih terikut (tidak terendapkan) praktis tidak mengalami proses apapun.

Filter anaerobik (*fixed bed* atau *fixed film reactor*) menggunakan prinsip yang berbeda dengan septik tank, karena sistem ini justru diharapkan untuk memproses bahan-bahan yang tidak terendapkan dan bahan padat terlarut (*dissolved solid*) dengan cara mengkontakkan dengan surplus bakteri yang aktif. Bakteri tersebut bersama bakteri lapar akan menguraikan bahan organik terlarut (*dissolved organic*) dan bahan organik yang terdispersi (*dispersed organic*) yang ada dalam limbah. Sebagian besar bakteri tersebut tidak bergerak. Bakteri cenderung diam dan menempel pada partikel padat seperti pada dinding reaktor atau tempat lain yang permukaannya bisa digunakan sebagai tempat tempelan. Gambaran mengenai bangunan dapat dilihat pada gambar 3.6



Sumber : DEWATS

Gambar 3.6 Filter Anaerobik

Karakteristik Filter Anaerobik

Jenis pengolahan : degradasi anaerobik bahan padatan terlarut dan tersuspensi
penurunan COD 65% - 85%.

Macam air limbah : air limbah domestik dan air limbah industri dengan resiko
COD/BOD kecil.

Kelebihan : sederhana dan tahan lama, efisiensi pengolahan tinggi,
Underground, kebutuhan lahan : $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ limbah harian.

Kelemahan : ada kemungkinan tersumbat, clogging possible,
keluaran/effluent sedikit berbau.

Bahan filter yang dimaksud adalah media dimana bakteri dapat menempel dan air limbah dapat mengalir diantaranya. Selama aliran ini kandungan organik akan diuraikan oleh berbagai bakteri dan hasilnya adalah pengurangan kandungan organik pada *effluent*.

Penggunaan media bisa bermacam-macam tetapi pada prinsipnya lebih luas permukaan akan lebih baik fungsinya. Materi filter seperti kerikil, batu, batu bara, atau kepingan plastik yang berbentuk khusus menyediakan area permukaan tambahan untuk tempat tinggal bakteri. Jadi limbah cair yang baru dipaksa untuk bersinggungan dengan bakteri aktif secara intensif. Semakin luas permukaan untuk perkembangbiakan bakteri, semakin cepat penguraiannya. Media yang baik luas permukaannya (*surface area*) kira-kira $90 - 300 \text{ m}^2$ per m^3 volume yang ditempatinya.

Selaput bakteri harus diambil bila sudah terlalu tebal. Pengambilan bisa dilakukan dengan mengguyur balik air limbah atau dengan mengangkat massa

filter yang dibersihkan di luar reaktor. Namun filter anaerob sangat dapat diandalkan dan kuat.

Penurunan efisiensi pengolahan merupakan indikator penyumbatan pada beberapa bagian. Penyumbatan terjadi ketika limbah cair mengalir hanya melalui beberapa pori yang terbuka, akibatnya aliran kecepatan tinggi akan menghanyutkan bakteri. Hasil akhir adalah penurunan waktu pembusukan dengan sedikit rongga yang terbuka.

Filter anaerob bisa dioperasikan sebagai sistem aliran kebawah ataupun aliran keatas. Sistem aliran keatas biasanya lebih disukai karena resiko bakteri yang masih aktif hanyut lebih sedikit. Disisi lain, pembilasan filter untuk membersihkannya lebih mudah dengan sistem aliran kebawah. Kombinasi ruang aliran keatas dan aliran kebawah juga dimungkinkan. Kriteria penting dalam design adalah distribusi limbah cair pada area filter. HRT (hydraulic retention time) pada anaerobik filter berkisar antara 1 – 2 hari (24 – 18 jam). Angka ini merupakan patokan umum mengingat proses degradasi pada proses anaerobik lebih lambat dibanding proses aerobik.

3.9 Chemical Oxygen Demand (COD)

Adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia (Metcalf and Eddy,1991).

Tes COD hanya merupakan suatu analisa yang menggunakan suatu reaksi kimia yang menirukan oksidasi biologis (yang sebenarnya terjadi di alam),

sehingga merupakan suatu pendekatan saja, karena itu tes COD tidak membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak teroksidasi (*inert*) dan zat-zat teroksidasi secara biologis. Nilai COD ditentukan dari bahan organik yang *biodegradable* maupun *non-biodegradable*, sehingga hasil penetapan nilai COD biasanya lebih tinggi dari nilai BOD. Apabila nilai COD 3 kali lebih tinggi dari BOD, maka perlu diketahui apakah ada bahan-bahan yang bersifat toksik dan *non-biodegradable*.

Tabel 3.15 Perbandingan Rata-rata angka BOD₅ / COD

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)

Keuntungan tes COD dibandingkan tes BOD :

1. Analisa COD hanya memerlukan waktu 3 jam, sedangkan analisa BOD memerlukan waktu 5 hari.
2. Gangguan dari zat yang bersifat racun terhadap mikroorganisme (seperti Cr, Hg, CN) pada tes BOD tidak menjadi soal pada tes COD.
3. Tes COD lebih teliti daripada tes BOD

Nilai *COD* juga merupakan suatu bilangan yang dapat menyatakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dalam air buangan perantara oksidasi kuat dalam suasana asam (*Benefield and Randall, 1980*)

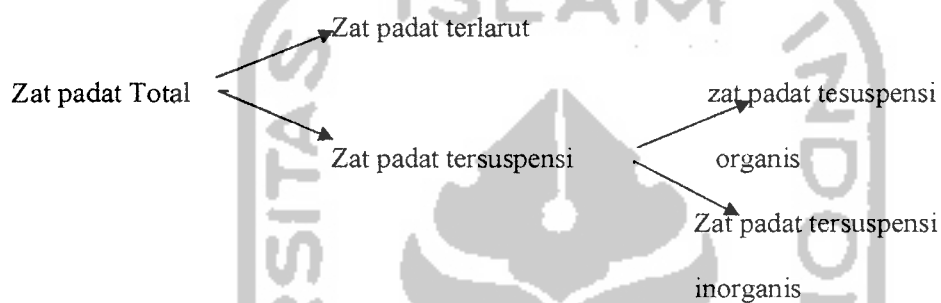
Parameter COD dalam suatu air limbah merupakan parameter utama, besar kecilnya *COD* akan mempengaruhi jumlah pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air.

3.10 Total Suspended Solid (TSS)

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 samapi berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain, sehingga mengakibatkan terjadinya penggumpalan yang kemudian diikuti dengan pengendapan. (Srikandi Fardiaz, 1992).

Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung perkembangbiakannya. 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.

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 inorganis seperti dijelaskan pada skema di bawah ini :



Sumber : Metode Penelitian Air

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

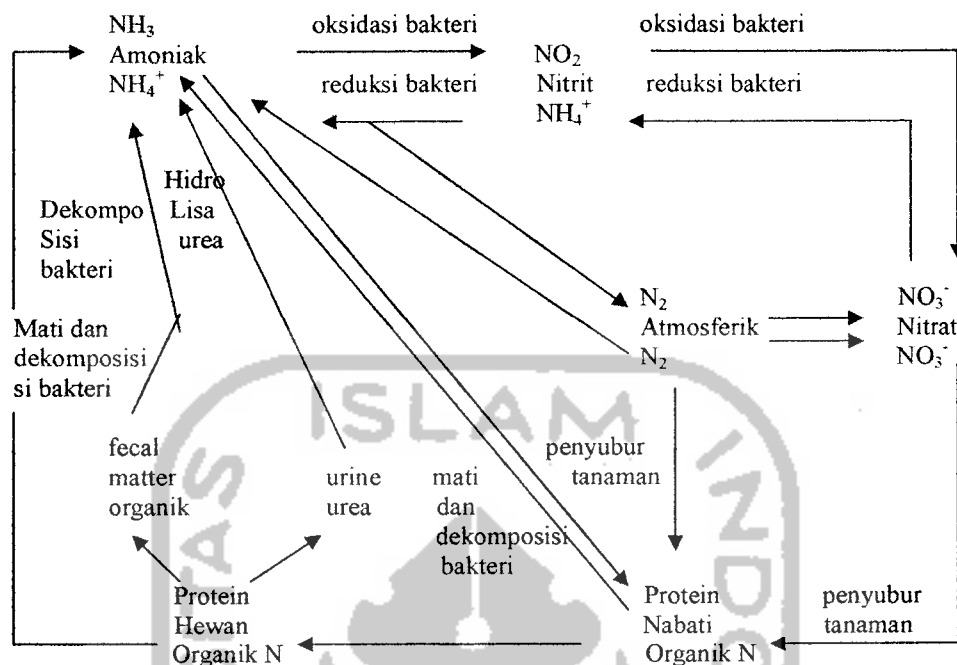
Penentuan zat padat terendap ini dapat melalui volumenya, disebut analisa volum lumpur (*sludge volume*), dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (*settleable solids*).

Zat padat (*Total Solids*) dalam limbah cair adalah semua zat yang tetap tinggal sebagai residu pada pemanasan 103 °C dalam laboratorium. Partikel padat diklasifikasikan sebagai *suspended solids* atau *filterable solids* yang dapat

menembus kertas saring dengan diameter minimal 1 mikron. *Suspended solids* meliputi zat padat yang dapat mengendap selama 60 menit pada *imhoff cone*. Zat padat tersaring / *filterable solids* terdiri zat koloidal dan *dissolved solids*. Zat koloidal terdiri dari zat partikulat dengan kisaran diameter dari 1 milikron hingga 1 mikron. *Dissolved solids* atau zat padat terlarut terdiri dari molekul atau ion organik dan anorganik. Zat koloidal tidak dapat dihilangkan melalui pengendapan. Umumnya untuk menghilangkan partikel tersebut secara biologi ataupun koagulasi diikuti sedimentasi. (Sugiharto, 1987).

3.11 AMONIAK (NH_3)

Amoniak merupakan hasil dekomposisi dalam bentuk bebas sebagai NH_3 maupun dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) masuk ke lingkungan kita dan makhluk yang mati diikuti dekomposisi bakteri dari protein hewani maupun nabati, dekomposisi dari kotoran binatang dan manusia dan reduksi nitrit ke amoniak. seperti terlihat dalam gambar 3.7.

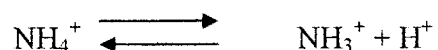


Sumber : (Tchobanoglous dan Burton, 1983).

Gambar 3.7 Skema siklus nitrogen

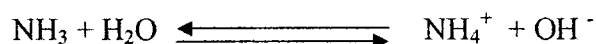
3.

Amoniak merupakan nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah dan disebut Amonium. Amoniak sendiri berada dalam keadaan tereduksi (-3). Keseimbangan ion NH_4^+ dengan gas amoniak di dalam air, dinyatakan sebagai berikut :



Amoniak dapat larut dengan cepat di air. Gas amoniak bereaksi dengan air membentuk *amonium hidroksida* dengan melepaskan panas yang tinggi. Perubahan amoniak menjadi amonium dan ion hidroksida berlangsung dengan

cepat dan cenderung menaikkan pH larutan (limbah). Reaksi bolak-balik dari perubahan tersebut, yaitu :



Perbandingan ion amonium dengan molekul *amonium hidroksida* adalah merupakan fungsi pH. Dalam pH 7 amoniak lebih banyak berbentuk ion amonium. (Tchobanoglous dan Burton, 1983).

Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni (*urine*) dan tinja (*feces*) juga dari oksidasi zat organik ($\text{H}_a\text{O}_b\text{C}_c\text{N}_d$) secara mikrobiologis yang berasal dari alam atau air buangan industri dan penduduk (Alaerts, 1984).

3.11.1 Sifat-sifat Amoniak

1. Amoniak adalah suatu zat kimia yang tidak menunjukkan adanya warna, ini merupakan suatu karakteristik. Dan jika diberi cahaya kemampuan warna akan sedikit nampak berupa gas yang terlarut dalam air, tetapi gas yang tercampur mempunyai ikatan lebih dari 16 berupa amoniak (Tchobanoglous, 1979).
2. Merupakan gas yang tidak berwarna dan berbau busuk. Disimpan dalam keadaan cair pada tekanan 10 (sepuluh) atmosfer, titik leleh -77°C dan titik didih -33°C .
3. Bila terkena api, gas ini mudah meledak dan gas amoniak menyala pada suhu 629°C .

4. Bersifat basa karena dapat membirukan lakmus merah.
5. Amoniak apabila dilarutkan dalam air akan membentuk Amonium hidroksida pada derajat asam ± 7 (Tchobanoglous, 1979).
6. Amoniak dalam keadaan basa apabila ditambah *reagen nessler* (suatu larutan K_2HgI_4 yang alkalis) akan terbentuk warna coklat kuning, kalau terdapat banyak amoniak akan terjadi endapan coklat.

3.11.2 Sumber Amoniak

Amoniak dalam air permukaan dapat berasal dari :

1. Air seni (*urine*)
Kandungan amoniak dalam air seni sebesar 27,40 mg/l (Hari, Tome, 2005)
2. Tinja (*feces*)
Kandungan amoniak dalam tinja sebesar 3,84 mg/l (Hari, Tome, 2005).
3. Oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air alam.
4. Dipengaruhi oleh bentuk teroksidasi dan tereduksi unsur-senyawa dalam wetlands pada potensial Redoks Transformasi.

3.11.3. Pengaruh Amoniak terhadap lingkungan

Dalam suatu perairan air limbah yang berupa bahan organik memerlukan oksigen (O_2) untuk menguraikan bahan organik tersebut dengan bantuan bakteri. Polutan semacam ini berasal dari berbagai sumber seperti kotoran hewan maupun

manusia, tanaman-tanaman yang mati atau sampah organik dan sebagainya. (Srikandi Fardiaz, 1992).

Jika masukan bahan organik kedalam perairan terus berlangsung dalam waktu yang lama, oksigen terlarut (DO) akan terus berkurang sampai bakteri anaerob dapat hidup menggantikan bakteri aerob. Bakteri ini melanjutkan proses penguraian tetapi dengan hasil yang berlainan, yaitu gas-gas yang berbau busuk, berbahaya bagi kesehatan dan berupa gas yang mudah menyala, seperti gas *hidrogen sulfida* (H_2S) yang berbau seperti telur busuk, *metana* (CH_4) atau gas rawa, *fosin* (PH_4) yang baunya amis dan amoniak (NH_3).

Adanya amoniak dalam air buangan akan mempunyai akibat-akibat buruk terhadap lingkungan. *Eutrofikasi* terjadi pada suatu badan air yang sebagai akibat terlalu banyak bahan makanan yang masuk kedalam perairan. Apabila perairan cukup nutrient, maka tumbuhan air mudah berkembang biak, misal eceng gondok dan ganggang. Kadang-kadang suatu perairan tertutup sama sekali dengan tumbuhan, seolah-olah bukan perairan lagi, atau nampak berselimut hijau oleh ganggang.

Dengan tertutupnya suatu perairan oleh tumbuhan air maka transmisi sinar matahari terhalangi akibatnya kegiatan fotosintesis tidak dapat berjalan. Akibat selanjutnya adalah berkurangnya oksigen terlarut yang akan mematikan ikan dan kehidupan air yang lainnya. (Benefield, 1980).

Pengaruh buruk Amoniak terhadap lingkungan dalam konsentrasi 50 ppm yang tanpa menggunakan proteksi akan menyebabkan iritasi pada mata dan menyebabkan gangguan pada membran pernafasan. Dalam konsentrasi yang

rendah yaitu 0,037 mg/l menimbulkan bau yang menyengat dan mengurangi estetika. Hal lain dengan adanya amoniak dalam air buangan yang langsung dibuang dalam badan air akan menimbulkan atau terjadi pertumbuhan tumbuhan air, yang kemudian akan menutupi permukaan air, sehingga transmisi sinar matahari terhalangi dan proses fotosintesis tidak dapat berjalan yang diakibatkan berkurangnya oksigen terlarut sehingga akan mematikan kehidupan air.

Adapun dampak amoniak didalam air dan lingkungan antara lain :

1. Dapat mengakibatkan korosi pada pipa besi
2. $\text{NH}_3\text{-N}$ pada konsentrasi yang tinggi merupakan racun bagi ikan.
3. Konversi dari NH_4^+ menjadi NO_3^- mempergunakan oksigen terlarut dengan jumlah besar
4. NH_3 dan NO_3^- dengan konsentrasi rendah bertindak sebagai nutrisi.