

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Air Buangan

Setiap komunitas masyarakat akan menghasilkan limbah cair atau padat. Air sisa pakai yang bisa mencapai 80% dari total air minum yang dikonsumsi suatu komunitas (Metcalf & Eddy, 1991), akhirnya dibuang, sebagian besar akan kembali mencapai badan air penerima seperti sungai atau saluran dan badan air lainnya.

Menurut *Duncan Mara (1975)* dalam “*Sewage Treatment in Hot Climate*” mendefinisikan air buangan adalah air buangan dari kegiatan pembersihan rumah tangga (air buangan domestik). Air buangan kemudian disebut sebagai air buangan tercemar secara fisik, kimia, biologis bahkan mungkin radioaktif. Air buangan yang masuk ke tempat pengumpulan disebut *influent*, sedang air buangan yang keluar dari sumber air buangan disebut *effluent*.

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.

Air limbah yang berasal dari daerah permukiman dan perkantoran dikumpulkan dan dikelola secara terpusat dalam suatu instalasi pengolahan air limbah. Sistem terpadu dan terpusat tersebut lebih efisien dibandingkan penanganan individual dan peluang bisnis. Sistem pengolahan air limbah domestik di kota besar secara terpadu menangani air limbah yang berasal dari permukiman, kantor dan daerah komersial. Pengumpulan air limbah dilakukan dengan sistem pengaliran yang menggunakan berbagai macam saluran terbuka atau perpipaan. Cara ini disebut sistem *sewerage*. Dimana sistem plambing air limbah pelanggan dihubungkan langsung ke sistem *sewerage* yang akan mengalirkan ke instalasi pengolahan.

3.2 Sumber Air Buangan

Sumber air buangan di daerah Jetis Pasiraman Jogjakarta pada umumnya berasal dari perumahan penduduk. Tetapi ada juga yang berasal dari industri rumah tangga seperti warung makan. Air buangan ini berasal dari kegiatan rumah tangga seperti limbah cair domestik yang berasal dari air cucian seperti sabun, detergen, minyak dan pestisida. Dan limbah cair yang berasal dari kakus seperti sabun, sampo, tinja, air seni.

3.3 Sifat-sifat Air Buangan

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

a. 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.

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. 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).

Limbah organik mengandung padatan terlarut yang tinggi, sehingga menimbulkan kekeruhan dan mengurangi penetrasi cahaya matahari bagi biota fotosintetik. 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 detergen dan tinja. Detergen sangat berbahaya bagi lingkungan karena dari beberapa kajian menyebutkan bahwa detergen mempunyai kemampuan untuk melarutkan bahan bersifat karsinogen, misalnya 3,4 Benzonpyrene, selain gangguan terhadap masalah kesehatan, kandungan detergen dalam air minum akan menimbulkan bau dan rasa tidak enak. Sedangkan tinja merupakan jenis vektor pembawa berbagai macam penyakit bagi manusia.

Detergen umumnya tersusun atas lima jenis bahan penyusun. Pertama, surfaktan yang merupakan senyawa Alkyl Benzene Sulfonat (ABS) yang berfungsi untuk mengangkat kotoran pada pakaian. ABS memiliki sifat tahan terhadap penguraian oleh mikroorganisme (*nonbiodegradable*). Kedua, senyawa fosfat, (bahan pengisi) yang mencegah menempelnya kembali kotoran pada bahan yang sedang dicuci. Senyawa fosfat digunakan oleh semua merk detergen, memberikan andil yang cukup besar terhadap terjadinya proses eutrofikasi yang menyebabkan Booming Algae (meledaknya populasi tanaman air). Ketiga, Pemutih, pewangi, (bahan pembantu) zat pemutih umumnya terdiri dari zat natrium karbonat.

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

Tabel 3.1. Karakteristik 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.	Mengalangi 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.	Mengurangi estetika.
6.	Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat.

(Sumber : Sugiharto, 1987)

b. 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 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.

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

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

Dan biasanya kualitas atau sifat kimiawi dari air buangan domestik dinyatakan dalam bentuk organik dan anorganik, dan biasanya dengan perbandingan 50% zat organik dan 50% zat anorganik.

c. 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 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 *effluent* yang lebih baik.

3.4 Jenis Pengolahan Air Buangan

Menurut Kristanto, (2002) berdasarkan karakteristik limbah, proses pengolahan dapat digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu fisika, kimia dan biologi.

a) Proses fisika

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

b) Proses Kimia

Proses pengolahan secara kimia menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemaran di dalam limbah. Dengan adanya bahan kimia berarti akan terbentuk unsur baru dalam air limbah, yang

mungkin diantaranya adalah pengendapan, klorinasi, oksidasi dan reduksi, netralisasi, ion *exchange* dan desinfektan.

c) Proses biologi

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

3.4.1 Pengolahan Air Buangan Secara Biologi

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

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

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

Pengolahan air limbah secara biologi adalah suatu cara pengolahan yang bertujuan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme melalui proses biodegradasi.

Proses pengolahan secara biologi ini dibagi menjadi tiga berdasarkan pendekatan :

1. Berdasarkan Lingkungan Proses Biologi

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

- a) Lingkungan aerob

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

Proses biologis secara aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor akhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah mikroorganisme aerobik. Beberapa

pengolahan limbah cair secara aerobik adalah lumpur aktif, trickling filter, kolam oksidasi, lagoon aerasi dan parit oksidasi (Jenie, B.S.L, 1993 dalam Yulia, Neva 2006).

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



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

b) Lingkungan anaerob

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

Pengolahan air buangan secara anaerobik yaitu proses penguraian air buangan dilakukan oleh mikroorganisme anaerobik, dalam kondisi tanpa oksigen. Bahkan mikroba yang bersifat obligat anaerobik tidak dapat hidup bila ada oksigen terlarut. Bakteri tersebut antara lain bakteri metan yang umumnya terdapat pada digester anaerobik dan *lagoon anaerobik*. Anaerob memperoleh energinya dari oksidasi bahan organik kompleks tanpa menggunakan oksigen terlarut tetapi menggunakan senyawa-senyawa lain

sebagai pengoksidasi. Senyawa pengoksidasi selain oksigen yang dapat digunakan oleh mikroorganisme contohnya adalah karbon dioksida, sulfat, dan nitrat. Proses dimana bahan organik dipecah (diurai) tanpa adanya oksigen sering disebut fermentasi. (Jenie B.S.L, 1993 dalam Yulia, Neva 2006).

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

Menurut Ibnu, 2002, faktor-faktor yang harus diperhatikan pada proses anaerobik ini antara lain adalah keasaman, suhu, waktu retensi, toksisitas dan bahan-bahan nutrisi yang diperlukan untuk proses.

- Keasaman

Keasaman (pH) berpengaruh jika terjadi perubahan besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi perlu dimonitor. Hal ini disebabkan karena antara lain pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti, bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan

mempengaruhi besarnya pH. Pengaturan pH biasanya dilakukan dengan penambahan basa atau kapur, hingga pH mencapai 6,5 – 7,5.

- Suhu

Penurunan suhu akan mengakibatkan gagalnya proses fermentasi, bakteri-bakteri anaerobik yang bersifat *mesofilik* biasanya dapat tumbuh pada suhu 20–45 °C. Suhu yang optimal untuk proses fermentasi metana adalah sekitar 37–40 °C. Sedangkan bakteri yang bersifat *termofilik* yaitu yang hidup pada kisaran suhu 50–66 °C suhu optimumnya adalah 55°C. Hasil penelitian Hills dan kawan-kawan, 1969 menunjukkan bahwa pada suhu diatas 40°C maka produksi metana akan menurun dengan tajam.

- Waktu retensi

Waktu regenerasi bakteri metana umumnya mencapai 12 jam, sedangkan untuk bakteri yang bersifat fakultatif, waktu regenerasi hanya 0,3 jam atau kurang. Waktu retensi minimum untuk proses anaerobik ini umumnya berkisar antara 2–6 hari.

- Bahan-bahan nutrisi

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

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

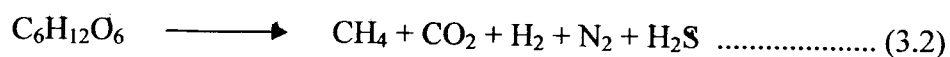
Proses pengolahan biologis secara aerobik berarti proses pengolahan biologis yang melibatkan oksigen didalamnya.

b) Proses pengolahan biologis secara anaerobik

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

Proses biologis yang tanpa melibatkan oksigen didalamnya. Pada dekomposisi anaerobik hasil proses penguraian bahan organik memproduksi biogas yang mengandung metana (CH₄) sekitar (50 – 70 %), CO₂ sekitar (25 – 45 %) dan sejumlah kecil unsur H₂, N₂, H₂S (Ye-Shi Cao, 1994 dalam Prabowo).

Reaksinya dapat dijelaskan sebagai berikut :



Mikroorganisme

Proses penguraian bahan organik dengan sistem anaerobik berlangsung terus-menerus karena adanya proses pemutusan rantai-rantai polimer

komplek menjadi rantai-rantai sederhana yang dipengaruhi oleh kerja bakteri anaerob dan enzim-enzim, serta tanpa memerlukan oksigen. Penguraian bahan-bahan organik sering disebut fermentasi metan, karena proses penguraian bahan-bahan organik dengan produk akhirnya menghasilkan gas metan (Ibnu, 2002).

Proses anaerobik pada dasarnya merupakan proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas (Jennie 1993 dalam Yulia).

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 anaerobik, tetapi bila terdapat oksigen terlarut, mereka akan memecah bahan organik lebih sempurna. (Ibnu, 2002).

Fermentasi yang berlangsung secara anaerobik akan menghasilkan produk akhir pada kondisi pH netral. Contoh dari produk akhir tersebut adalah asam-asam volatil dengan berat molekul rendah seperti asam 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 metabolisme menghasilkan produk akhir berupa gas metan (CH_4).

Proses pengolahan anaerobik dalam pengolahan biologis terjadi dalam tiap tahap pemecahan bahan organik yang menghasilkan gas metana (CH_4) yaitu :

a) Hidrolisis

Disebut juga dengan proses pencairan. Bahan-bahan organik pertama-tama harus diuraikan terlebih dahulu menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat larut dan dapat diasimilasi oleh sel bakteri. Proses ini merupakan proses yang paling lambat dari ketiga proses lainnya, terutama jika berada pada suhu rendah dan pH lebih kecil dari 6. Proses degradasi hidrolisis ini merupakan proses yang paling menentukan dalam menghasilkan substrat-substrat untuk berhasilnya tahap-tahap degradasi berikutnya.

b) Pembentukan asam

Selain menjadi bentuk molekul yang lebih sederhana, terjadi proses pembentukan senyawa-senyawa asam melalui proses fermentasi dahulu. Proses fermentasi ini berlangsung cepat, menguraikan hasil hidrolisis menjadi senyawa hidrogen (format), bikarbonat piruvat, alkohol dan asam lemak yang lebih sederhana. Proses ini tidak mempengaruhi laju proses keseluruhan dan akibat proses ini tidak seberapa berarti. pH pada proses ini cenderung netral.

c) Proses pembentukan asam (*fermentasi metana (CH_4)*)

Proses ini sebagai fase pembentukan gas metana baik dari senyawa asetat maupun dari H dan CO_2 . Proses ini menggunakan bakteri

methanogen. Bakteri ini sangat sensitif terhadap pH, bila pH di bawah 6 maka pembentukan metana akan terhenti, selain itu bakteri ini sangat lambat tetapi mempunyai kemampuan untuk mempertahankan diri dalam waktu lama asalkan suhu tetap stabil di bawah 15 ° C.

(Anant Wanasen, 2003).

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

1. Bakteri Hidrolotik

Berperan dalam menguraikan bahan organik dalam air buangan menjadi asam-asam organik, penguraian bakteri organik tersebut akan menghasilkan H₂ dan CO₂.

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. Bakteri pada tahap ini sangat sensitif dibandingkan dengan bakteri lainnya dalam sistem operasi anaerobik.

Bakteri metana yang telah berhasil diidentifikasi terdiri dari empat genus yaitu :

1. Methanobacterium, bakteri bentuk batang dan tidak membentuk spora
2. Methanobacillus, bakteri bentuk batang dan membentuk spora
3. Methanococcus, bakteri bentuk sarcinae
4. Methanosarcina, bakteri bentuk sarcinae

(Ibnu, 2002).

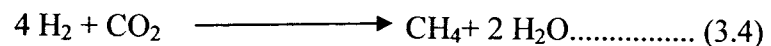
Keempat jenis bakteri tersebut mampu mengoksidasi hidrogen dengan menggunakan CO_2 sebagai aseptor elektron. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut



(Ibnu, 2002)

Reaksi di atas akan menghasilkan energi sedangkan unsur karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tidak dihasilkan, Kebutuhan karbon dan CO_2 tersebut diperoleh dari substrat atau hasil produksi dari proses oksidasi bahan organik.

Keempat jenis bakteri tersebut mampu mengoksidasi hidrogen dengan menggunakan CO_2 sebagai aseptor elektron. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut

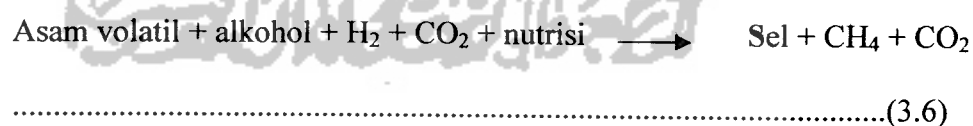
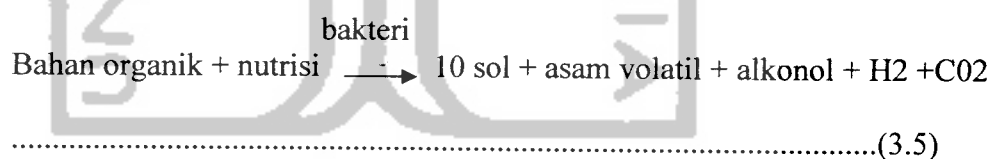


(Ibnu, 2002)

Reaksi di atas akan menghasilkan energi sedangkan unsur karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tidak dihasilkan, Kebutuhan karbon dan

CO_2 tersebut diperoleh dari substrat atau hasil produksi dari proses oksidasi bahan organik. Proses fermentasi metana pada air limbah dapat menghasilkan komponen organik yang sangat beragam yang dapat dioksidasi oleh bakteri, karena bakteri metana yang aktif juga sangat beragam dan saling berinteraksi. Asam volatil akan diolah 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 setat 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 :



(Ibnu, 2002).

2. Berdasarkan Biotransformasi

- a) Penyisihan bahan organik. Pada proses biodegradasi, bahan organik terlarut merupakan sumber makanan konsentrasinya telah berkurang.
- b) Stabilisasi organik yang tidak terlarut. Pada proses ini akan dihasilkan padatan anorganik dan residu organik yang tidak terlarut yang relatif

resistan terhadap aktifitas biologi selanjtnya serta memiliki karakteristik yang serupa humus. Pada proses anaerob dihasilkan gas metan.

- c) Konversi bahan anorganik terlarut. Konversi bahan anorganik satu menjadi kedua seperti pada proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Pada proses nitrifikasi, nitrogen ammonium dikonversi menjadi nitrit dan nitrat dalam lingkungan aerob. Proses denitrifikasi, nitrat sebagai aseptor elektron dikonversi menjadi N_2 .

3. Berdasarkan Konfigurasi Reaktor

Berdasarkan kondisi pertumbuhan mikroorganismenya, terdiri dari :

- a) Reaktor pertumbuhan tersuspensi (*Suspended Growth Reactor*).

Dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganismenya tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi dalam fase cair. Umumnya reaktor pertumbuhan tersuspensi digunakan untuk pengolahan sekunder (*Secondary Treatment*) seperti Lumpur Aktif, Lagon Aerasi, dan kolam Stabilisasi (Qasim, 1985).

Menurut Jennie dalam Yulia, Neva 2006, pertumbuhan tersuspensi merupakan istilah campuran antara organisme dengan limbah organik. Pertumbuhan tersuspensi dapat terjadi pada reaktor aerob maupun anaerob. Mikroorganismenya mampu membentuk gumpalan menjadi masa flokulan dan mampu bergerak dalam aliran cairan. Contoh dari pertumbuhan tersuspensi yaitu unit lumpur aktif, lagoon aerasi, parit oksidasi dan digester anaerobik yang tercampur baik.

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

b) Reaktor Pertumbuhan Melekat (*Attached Growth Reactor*)

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

3.5 Klasifikasi Sistem Sanitasi

Sistem sanitasi ditentukan oleh skalanya. Dalam (Rencana Pengembangan Sistem Penyaluran Air Buangan Kota Jogjakarta, 2004) ada tiga tingkatan dalam sistem sanitasi yaitu antara lain :

- a) Sanitasi *on-site*
- b) Sanitasi *off-site*
- c) Sanitasi komunal

3.5.1 Sanitasi Komunal

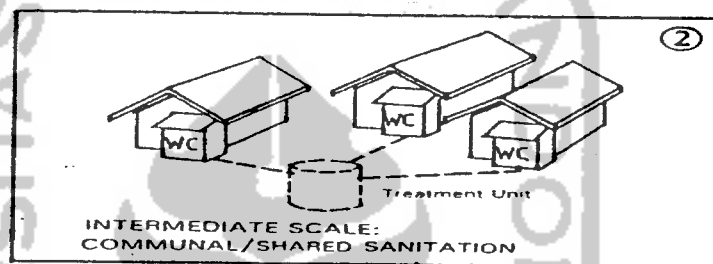
Di Kota Jogjakarta ada beberapa inisiatif masyarakat untuk pengelolaan limbah manusia, khususnya di wilayah yang tidak bisa dijangkau oleh jaringan air limbah. Kadang-kadang, masyarakat membangun satu pipa utama di sekitar daerah permukiman yang biasanya menuju sungai atau saluran irigasi. Kemudian warganya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

Dari tahun 1996 sampai 2005, telah ada beberapa fasilitas sanitasi komunal yang dibangun di kota Jogjakarta, di bawah pengawasan dan pendanaan YUDP. Berdasarkan upaya percontohan tersebut, Kantor Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Jogjakarta, kemudian bekerjasama dengan proyek *Decentralized Wastewater Treatment System* (DEWATS), melaksanakan lagi fasilitas sanitasi komunal di daerah Jetis Pasiraman kecamatan Cokrodiningratan, Kelurahan Jetis, Jogjakarta.

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 3.1 :



Sumber : Ibnu

Gambar 3.1 Gambaran Ringkas Sistem Sanitasi Komunal

3.6 DEWATS (*Desentralized Wastewater Treatment System*)

Aplikasi DEWATS (sistem pengolahan air limbah terdesentralisasi) 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 m² per m³ aliran air limbah setiap hari.

Sistem kerja DEWATS tanpa menggunakan kemampuan secara teknis

Kebutuhan pada DEWATS :

1. kemampuan pengaturan secara umum (skala)
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.

3.6.1 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.

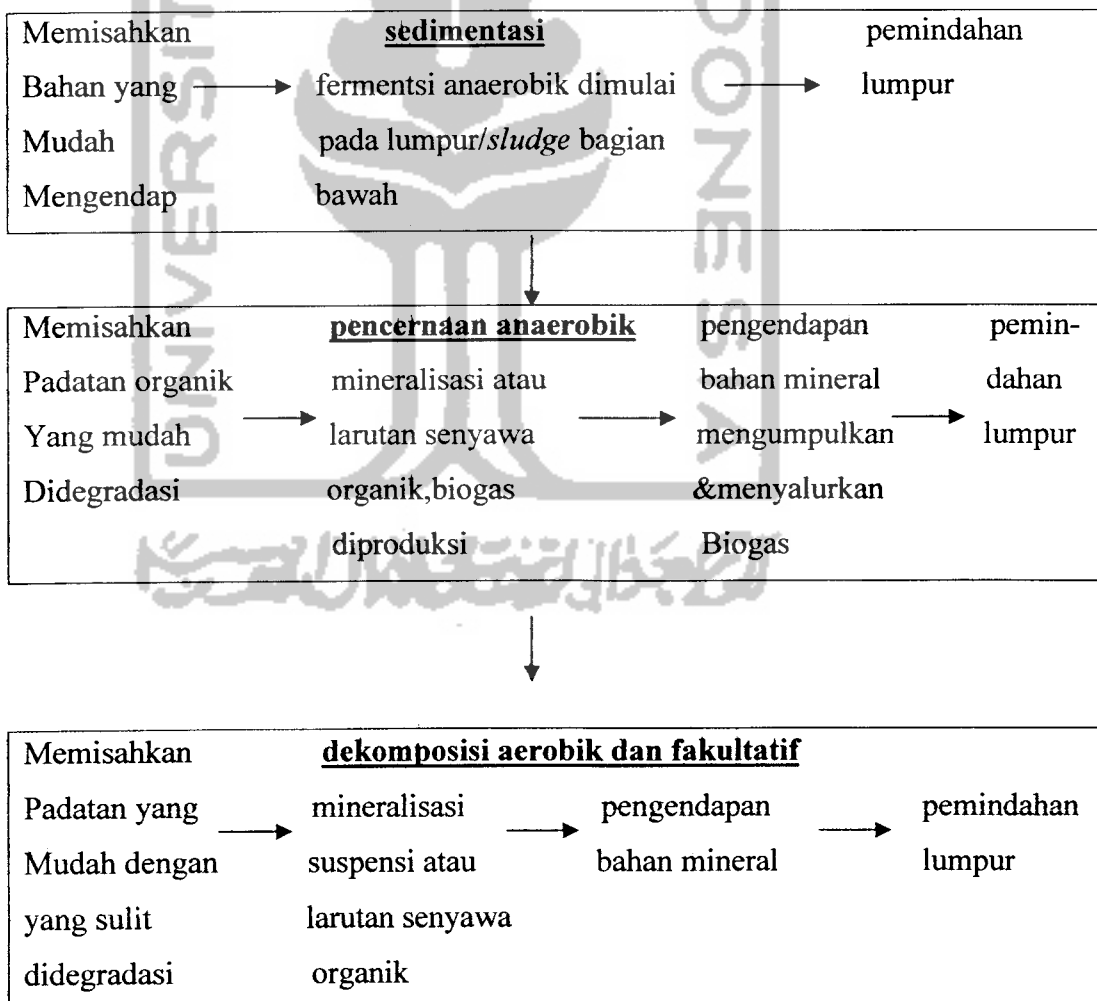
DEWATS menyediakan teknologi dengan biaya terjangkau/murah, karena sebagian besar bahan/input tersedia di lokasi setempat.

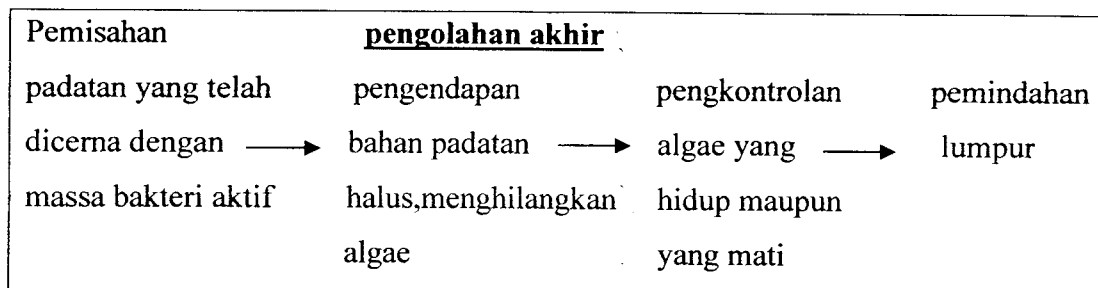
- 1 DEWATS menyediakan pengolahan limbah industri maupun domestik.
- 2 DEWATS mengolah limbah dengan kapasitas aliran 1-500 m³ per hari.
- 3 DEWATS dapat diandalkan bangunannya tahan lama, dan toleran terhadap fluktuasi masukan limbah.
- 4 DEWATS tidak memerlukan pemeliharaan yang rumit.

Aplikasi DEWATS berdasarkan pada empat sistem pengolahan sebagai berikut :

1. Pengolahan primer dan sedimentasi dengan sistem *septic tank*
2. Pengolahan sekunder, anaerob dengan *fixed bed reaktor* atau *baffle reaktor*.
3. Pengolahan tersier, aerob/anaerob pada sistem *filter* aliran bawah tanah.
4. Pengolahan tersier, aerob/anaerob dengan sistem kolam.

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





Sumber : Ibnu

Diagram 3.1 Pengolahan Air Limbah DEWATS

3.7 *Septik Tank* (Bak Septik)

Bak septik adalah sistem pengolahan limbah setempat dalam skala kecil yang amat lazim digunakan didunia. Pada dasarnya proses yang terjadi pada bak septik adalah sedimentasi (pengendapan) dan dilanjutkan dengan stabilisasi dari bahan-bahan yang diendapkan tersebut lewat proses *anaerobik*.

Kelebihan bak septik adalah murah, konstruksinya mudah, sederhana dan dengan pengoperasian yang baik, umur teknisnya bisa amat panjang. Demikian juga tempat yang dibutuhkan relatif kecil dan biasanya bawah permukaan tanah (*underground*). Sedangkan kelemahan *septik tank* adalah efisiensi pengolahannya relatif rendah dan keluaran yang dihasilkannya masih berbau, karena masih mengandung bahan yang belum terdekomposisi secara sempurna.

3.7.1 Karakteristik Bak Septik

- Jenis pengolahan : sedimentasi, stabilisasi lumpur, penurunan COD 20 – 50%
- Macam air limbah : domestik dan lainnya yang disertai pengendapan padatan
- Kelebihan : sederhana, tahan lama, underground, kebutuhan lahan 0,5 m²/m³ air limbah harian

kelemahan : hanya untuk pengolahan awal, keluaran masih berbau

Bak septik umumnya terdiri dari 2 ruang (*chamber*). Pada ruang pertama (*treatment chamber 1*) berkisar antara 50% - 70% dari total volume desain, karena sebagian besar dari lumpur/*sludge* dan scum akan terjadi di ruang ini.

Di dalam ruang pertama ini air limbah yang masuk akan menjadi 3 bagian, yaitu :

- 1 Lumpur/*sludge* yang mengendap pada bagian bawah, untuk selanjutnya lumpur ini akan terurai lewat proses anaerobik
- 2 Supernatan adalah cairan yang telah terkurangi unsur padatnya, untuk selanjutnya akan mengalir menuju ke ruang/*chamber 2*
- 3 Scum merupakan bahan yang lebih ringan daripada minyak, lemak dan bahan ikutan lainnya. Scum ini bertambah lama bertambah tebal. Karena itu perlu dihilangkan secara periodik (biasanya sekali dalam 3 tahun). Scum ini sebenarnya tidak mengganggu reaksi yang terjadi selama proses pengolahan, tetapi apabila terlalu tebal akan memerlukan tempat hingga kapasitas *treatment* berkurang.

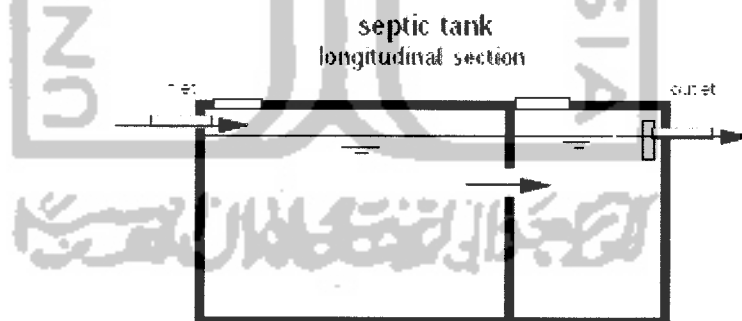
Sedangkan pada ruang kedua (dan seterusnya) yang terjadi adalah :

- 1 Endapan lumpur/*sludge*, khususnya partikel yang tidak terendapkan pada ruang pertama.
- 2 Supernatan yang selanjutnya menjadi *inflow* bagi konstruksi selanjutnya (*baffle reaktor* atau *anaerobik filter*).

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 bak septik. Pengendapan optimal

terjadi ketika aliran tenang 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, supernatan (cairan yang telah berkurang unsur padatnya) yang tertinggal di bak septik 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 aliran turbulen. Buangan tersebut berbau karena padatan aktif dalam bak belum terfermentasi secara sempurna. Gambaran mengenai bangunan dapat dilihat pada gambar 3.2.



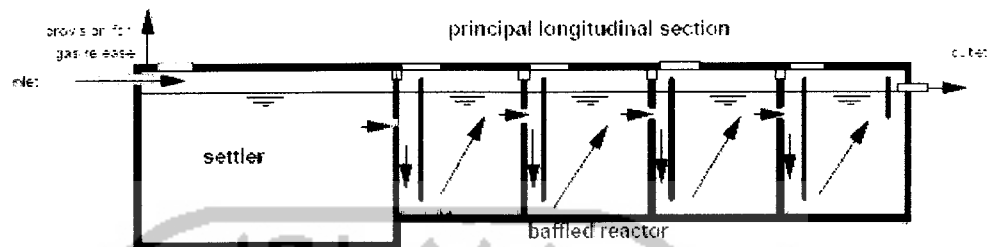
Sumber : Ludwing Sasse, 1998.

Gambar 3.2 *Septic Tank*

3.8 Anaerobic Baffled Reactor (Septic Tank Susun)

Salah satu cara untuk memodifikasi *septic tank* adalah dengan memasang sekat-sekat (*Baffles*), tiruan sebuah *anaerobic baffled reactor* (ABR). Biasanya, sebuah ABR terdiri dari ruangan-ruangan dengan susunan seri, dalam setiap

ruangan memiliki sebuah sekat vertikal untuk membuat limbah cair mengalir dibawah dan diatasnya. Seperti yang terlihat pada gambar 3.3 berikut ini:



Sumber : Ludwing Sasse, 1998.

Gambar 3.3 *Anaerobic Baffled Reactor (Septic Tank Tersusun)*

Septic tank susun (yang juga dikenal dengan *baffle septic tank* atau *baffle reactor*) bukan sekedar *septic tank* yang ditambah kotak *chamber*nya. Karena proses yang terjadi di dalam *septic 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)

3.9.1 Tipe *Anaerobic Baffled Reactor*

Terdapat 3 tipe umum dari ABR, yaitu :

- a) ABR tanpa anaerobik *filter* media
- b) ABR dengan media, yang mana diketahui sebagai *anaerobic filter* (AN/F)



c) ABR dengan media pada bagian atas atau bawah setiap ruangan, atau hanya pada ruangan terakhir, yang mana diketahui sebagai *hybridized anaerobic baffled reactor* (HABR).

(Kemmadarong, 1992 dalam Sasse, 1998).

Boopathy et al, 1998 dalam Sasse (1998) menemukan bahwa ABR memperlihatkan kelebihan akan stabilitas dengan volume kekosongan yang besar, dan juga mengurangi resiko tersumbat, dan perluasan lapisan Lumpur dengan hasil kehilangan mikroba. *Removal* COD dengan pencapaian 90% sedang ditinjau, dan kecepatan produksi gas metan melebihi 4 volume/ hari/ unit volume reaktor.

3.8.2 Karakteristik *Baffle Reactor* :

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.

(Ibnu, 2002)

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 septic 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.

Lumpur harus dikuras secara rutin seperti halnya pada *septic 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 *septic 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.

3.8.3 Kelebihan dan Batasan Penggunaan *Anaerobic Baffled Reactor*

Barber dan Stuckey (1999) dalam Sasse (2002) meringkas keuntungan utama ABR dibanding sistem pengolahan limbah cair lainnya, berikut ini :

Konstruksi :

- a) Rancangannya sederhana
- b) Pemanen

- c) Tidak ada perpaduan mesin
- d) Tidak mahal untuk membangun
- e) Volume kekosongan tinggi
- f) Mengurangi resiko tersumbat
- g) Mengurangi perluasan lapisan lumpur
- h) Biaya modal dan pengoperasian rendah

Biomass :

- a) Perubahan menjadi biomass dengan sifat pengendapan yang tidak biasa
- b) Generasi lumpur yang rendah
- c) Waktu retensi padatan tinggi
- d) Retensi biomass tanpa *fixed* media atau tambahan ruang pengendapan padatan

Pengoperasian :

- a) Memungkinkan HRT rendah
- b) Memungkinkan pengoperasian yang sebentar-sebentar
- c) Sangat stabil untuk beban hidroulik dan organik yang berlebih
- d) Perlindungan dari bahan beracun dalam *influent*
- e) Waktu pengoperasian panjang tanpa pembuangan lumpur

Anaerobic Baffled Reactor sangat mudah untuk dibangun dan mengoperasikannya. Beban hidraulik dan organik yang berlebih memiliki sedikit pengaruh pada efisiensi pengolahan (Sasse, 1998). Reaktor ABR juga mempunyai retensi padatan yang baik, *bypass bed* rendah ; membutuhkan pemeliharaan dan pemerhatian pengoperasian yang sedikit. Proses ABR menghindari batasan sistem

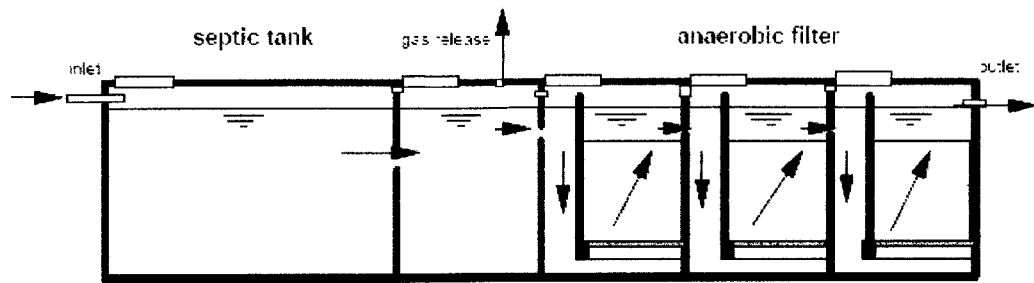
seperti *anaerobik filter* dan UASB (Khususnya, resiko tersumbat dan perluasan lapisan lumpur diminimalkan) dan memelihara volume kekosongan dan tinggi (tanpa kebutuhan akan media *filter*), (Manariotis et all dalam Sasse, 2002).

Walaupun dengan keuntungan potensial yang banyak itu, *anaerobik buffled reactor* seharusnya tidak terlalu dalam (dangkal) agar memelihara cairan yang masuk dan *velocity* aliran gas. (Tilche dan Vieira, 1991 dalam Sasse, 2002).

3.9 Filter Anaerobic

Pada pengolahan sistem *septic tank* bahwa proses yang terjadi adalah sedimentasi (pengendapan) dari bahan-bahan yang dapat terendapkan dan selanjutnya terjadi proses penguraian atau *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 rektor) menggunakan prinsip yang berbeda dengan *septic tank*, karena sistem ini justru diharapkan untuk memproses bahan-bahan yang tidak terendapkan dan bahan padat terlarut (*dissolved solid*) dengan cara mengontakkan 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 permukaanya bisa digunakan sebagai tempat tempelan. Gambaran mengenai bangunan dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini :



Sumber Ludwig Sasse. 1998.

Gambar 3.4 : Anaerobic Filter

3.9.1 Karakteristik *Filter Anaerobic*

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 atau
effluent sedikit berbau.

(Ibnu, 2002)

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 m² per m³ volume yang ditempatinya.

Permukaan media yang kasar (seperti pada batuan *vulkanik basalt*) pada tahap permulaan setidaknya biasa menyediakan area yang lebih besar. Selanjutnya selaput atau film bakteri yang tumbuh pada media *filter* tersebut dengan cepat menutup lubang-lubang yang lebih kecil pada permukaan media (batu) yang kasar tadi. Total permukaan *filter* sepertinya menjadi kurang penting untuk pengolahan daripada kemampuan fisiknya untuk menahan partikel padat bakteri tersebut.

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.

Pengolahan dengan menggunakan anaerobik *filter* yang dioperasikan dengan baik bisa menurunkan nilai BOD antara 70% - 90%. Kualitas ini sesuai untuk limbah cair domestik dan semua limbah cair industri yang memiliki kandungan padatan tersuspensi (TSS) yang rendah.

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 desain adalah distribusi limbah cair pada area *filter*.

Lubang aliran kebawah dengan lebar penuh lebih disukai daripada pipa aliran kebawah. Ruang *filter* sebaiknya tidak lebih panjang daripada kedalaman air. Untuk struktur yang lebih kecil dan sederhana, massa *filter* terdiri atas batu *volkanik basalt* (diameter 5 sampai 15 cm) atau batu kali (diameter 5 sampai 10 cm) yang diletakkan pada pelat beton berlubang. *Filter* dimulai dengan lapisan batuan besar pada bagian bawah. Pelat tersebut bertumpu pada balok kurang lebih 50 – 60 cm diatas dasar bak yang paralel dengan arah aliran. Pipa berdiameter setidaknya 15 cm atau lebih besar dari lubang kebawah memungkinkan pengambilan lumpur pada bagian dasar dengan bantuan pompa dari atas. Bila bak pengurusan lumpur ditempatkan disamping *filter*, mungkin lumpur bisa diambil dengan pipa tekanan hidrolik.

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. Pada tahap permulaan penerapan anaerobik *filter*. Karena proses pengolahan tergantung dari surplus massa bakteri aktif, lumpur aktif (misalnya dari *septic tank*) sebaiknya disemprotkan pada bahan *filter* sebelum penerapan anaerobik *filter*

dimulai. Bila memungkinkan, pelaksanaan dimulai dengan seperempat aliran harian, baru kemudian batas aliran ditingkatkan secara perlahan selama tiga bulan. Dalam prakteknya, kemungkinan besar sistem tersebut baru berfungsi secara optimal antara enam sampai sembilan bulan kemudian.

3.10 *Biogas*

Biogas adalah suatu yang agak lebih ringan daripada udara dan memiliki temperatur pembakaran kira-kira 700 °C yang dihasilkan dari fermentasi kotoran. *Biogas* terdiri dari gas metana (CH₄) 60%, gas asam arang (CO₂) 40%, dan juga mengandung sebagian kecil zat lainnya seperti amoniak (NH₃), belerang dioksida (SO₂) dan Hidrogen (H₂) yang mencapai 1%. (Sasse, 1988). Dapat dilihat pada tabel 3.3.

Biogas diproduksi ketika bakteri tertentu menguraikan zat (substrat) organik dalam suatu proses anaerob (proses penguraian zat organik yang tidak memerlukan oksigen). Proses ini lebih dikenal dengan proses penguraian anaerobik. Proses penguraian anaerobik sangat efektif untuk menguraikan bahan organik.

Biogas sangat bermanfaat dalam pengelolaan limbah domestik, rumah tangga maupun limbah padat dari kotoran hewan suatu peternakan dan juga menghasilkan suatu sumber energi yang dapat diperbaharui, yaitu gas metana (CH₄). (Sasse, 1988).

Air dan bahan organik yang terkandung dalam tinja akan mempengaruhi jumlah produksi gas. Semakin banyak bahan organiknya maka semakin banyak

pula gas yang akan dihasilkan karena bakteri akan banyak mengubah bahan organik menjadi *biogas*.

Menurut Hadi dan Kadarwati dalam Junus, M, gas bio mempunyai nilai kalori antara 5500-600 kcal/m³. selanjutnya bahwa dijelaskan setiap 1 m³ gas bio equivalent dengan lampu 60 Watt yang menyala 6-7 jam. Jadi gas bio mempunyai potensi yang besar untuk menggantikan energi lain. Sifat penyusun *biogas* tidak sama, sehingga pada saat mengalami pembakaran akan menampilkan beberapa karakteristik tertentu.

Tabel 3.2 Kandungan Biogas

No	Jenis gas	Rumus Kimia	Presentase		
			Hadi (1981)	Uli et al (1989)	Widarto (1997)
1	Methana	(CH ₄)	54% - 70%	40% - 70%	54% - 70%
2	Karbon dioksida	(CO ₂)	27% - 35%	30% - 60%	27% - 45%
3	Nitogen	(N ₂)	0,5% - 2%		3% - 5%
4	Karbon monoksida	(CO)	0,10%		0.1%
5	Oksigen	(O ₂)	0,10%		0.1%
6	Hidrogen sulfide	(H ₂ S)	Kecil	0% - 3%	sedikit
7	Hidrogen	(H ₂)	Kecil	0% - 1%	
8	Gas lain		Kecil	1% - 5%	

Sumber : Junus M.

Kandungan gas metan tergantung pada temperatur penguraian. Temperatur penguraian yang rendah memberikan kandungan gas metan yang tinggi, tapi sedikit gas yang dihasilkan kemudian. Kandungan gas metan tergantung pada bahan makanannya. Beberapa nilai khusus adalah sebagai berikut :

Pupuk hewan ternak	65%
Pupuk kotoran unggas	60%
Pupuk kotoran babi	67%
Pupuk dari sampah pekarangan pertanian	55%

Jerami	59%
Rumput	70%
Daun-daunan	58%
Sampah dapur	50%
Alga	63%
Kiapu (<i>water hyacinths</i>) (Sasse, 2002)	52%

Tabel 3.3 Jumlah Produksi Gas Bio

Jenis ternak dan manusia	Produksi	
	Kotoran (Kg)	Gas bio (lt/kg)
Sapi	15	40
Kerbau	20	40
Babi	2	70
Ayam	0,15	60
Kambing	5	50
Itik	0,15	50
Merpati	0,05	50
Kuda	15	40
Unta	20	30
Gajah	40	20
Manusia	0,4	70

Sumber : Junus M

Tabel 3.5 Produksi gas bio dan *retention time* (lama cerna) kotoran ternak dalam reaktor biogas

Jenis kotoran ternak	Lama cerna (hari)	Produksi gas bio (%)
Sapi	60 - 80	100
Babi	40 - 60	200
Ayam	80	200
Kambing/ domba	80 - 100	80
Manusia	25 - 30	

Sumber : Junus M.

Air dan bahan organik yang terkandung dalam tinja akan mempengaruhi jumlah produksi gas, semakin banyak bahan organiknya maka semakin banyak pula gas yang bisa dihasilkan karena bakteri akan banyak mengubah bahan

organik menjadi biogas, pada tabel 3.5 berikut dapat dilihat persentase kandungan air dan bahan kering dari berbagai kotoran ternak.

Tabel 3.5 Persentase kandungan air dan bahan kering

No	Penghasil Tinja	Kandungan	
		Bahan Kering (%)	Air (%)
1	Sapi	80	20
2	Kerbau	83	17
3	Kambing/ Domba	74	26
4	Babi	62	38
5	Ayam	72	28
6	Manusia	80	20

Sumber : Junus M.

3.10.1 Proses Penguraian

Biogas dihasilkan oleh bakteri *putrefaktive*, yang memecahkan bahan organik dibawah kondisi yang membutuhkan sedikit oksigen. Proses tersebut dinamakan “penguraian anaerobik”. Proses penguraian terdiri dari dua fase utama:

- Pembentukan asam
- Pembentukan gas metan

Dalam fase pertama, protein, karbohidrat dan lemak berubah menjadi asam lemak, asam amino dan lemak. Bentuk gas metan, karbondioksida dan amoniak, dalam fase kedua. *Slury* menjadi sesuatu yang lebih encer selama proses penguraian. Berikut tipe dari penguraian yang berbeda-beda sesuai dengan temperatur dalam digester didalam Sasse, 2002:

- Penguraian *psychrophilic* (10-20°C, waktu retensi lebih dari 100 hari)
- Penguraian *mesophilic* (20-35 °C, waktu retensi lebih dari 20 hari)
- Penguraian *termophilic* (50-60 °C, waktu retensi lebih dari 8 hari)

Penguraian *termophilic* bukan merupakan pilihan yang baik untuk reaktor yang sederhana. pH dari fermentasi *slury* mengindikasikan apakah proses penguraian bekerja tanpa adanya gangguan. pH nya haruslah sekitar 7. ini berarti bahwa *slury* tidak basa maupun asam. *Biogas* pada dasarnya dapat dihasilkan dari bahan organik apapun. Pupuk hewan dapat digunakan sebagai sebuah “permulaan” atau *starter*. Bahan makanan yang mengandung lignin seperti jerami haruslah di pre-kompos dan lebih disukai dicacah sebelum diuraikan. Lebih dari 10 hari pembusukan awal merupakan waktu yang paling baik untuk kiapu (*water hyacinths*). Produksi gas yang terpenting dapat diperbaiki jika waktu pembusukan awal adalah 20 hari.

Ada tiga kelompok mikroba (umumnya bakteri) yang berperan di dalam proses degradasi karbohidrat secara anaerobik sehingga akhirnya menghasilkan metan, yang ketiga-tiganya berlaku secara simbiosis, yaitu :

- a) Kelompok bakteri fermentatif : *Streptococci*, *Bacteroides* dan beberapa jenis *Enterobacteriaaceae*.
- b) Kelompok bakteri asetogenik : *Methanobacillus*, *Desulfobrio* dan sebagainya.
- c) Kelompok bakteri metan : *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosarcina*, dan *Methanococcus*.

(Suriawiria, 2003)

Walaupun dominasi penuh selama proses fermentasi metan dilakukan oleh *Methanobacterium*, tetapi diantara ke-3 kelompok bakteri tersebut terjadi simbiosis proses yang paling menunjang. Tanpa adanya simbiosis kemungkinan

besar bahwa efektifitas dan efisiensi dengan hasil *biogas* tidak akan terjadi secara baik, walaupun berjalan, persyaratan *biogas* tidak akan dicapai sehubungan dengan bandingan CH_4 : CO_2 dalam satu volume harus 65:35. (Suriawiria, 2003).

Untuk memelihara suatu sistem penguraian anaerobik maka kondisi lingkungan bagi bakteri harus stabil dan efisien. Faktor yang mempengaruhi pembentukan *biogas* adalah :

1. Adanya oksigen dan senyawa inhibitor bagi bakteri.

Untuk mempertahankan dan memelihara kondisi demikian reaktor harus tertutup tidak boleh ada oksigen yang masuk. Karena oksigen sebagai inhibitor bagi bakteri anaerobik. Kehadiran logam berat dan sulfida juga akan menghambat pembentukan gas.

2. Kondisi pH

Kondisi pH dalam reaktor *biogas* antara 6,5 - 7,5. bakteri penghasil gas metana tidak bisa bekerja dengan baik dibawah *range* pH tersebut.

3. Kandungan bahan organik.

4. Temperatur

Temperatur adalah parameter yang paling penting, dengan temperatur jumlah maksimum *mesophilik* 39 ke 38 °C (85 ke 100 °F) dan *termophilik* 55 ke 60 °C (131 ke 140°F).

5. Iklim

Reaktor *biogas* paling efektif pada iklim yang hangat yaitu berkisar antara 15-36 °C.

6. Jumlah limbah organik.

Semakin banyak limbah yang dimasukkan maka akan semakin banyak pula *biogas* yang dihasilkan.

(Sasse, 1988).

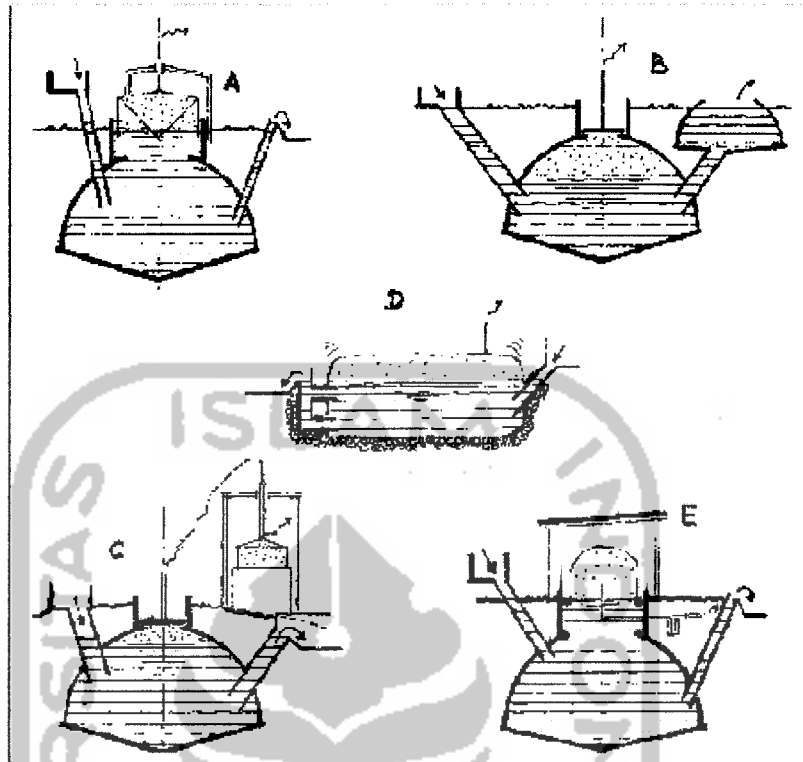
Proses kerja dari Biogas sangatlah sederhana. Pada pengisian bahan baku awal ke dalam tangki pencerna memang membutuhkan tinja yang cukup banyak, pengisian awal tangki pencerna kira-kira membutuhkan tinja sebanyak 40% dari volume total. Untuk itu perlu mengumpulkan tinja terlebih dahulu.

Sebelum digunakan sebaiknya kran gas tidak ditutup, melainkan dihubungkan dengan Manometer air, jika posisi air dalam pipa manometer tidak seimbang berarti gas bio sudah dihasilkan. Substrat yang digunakan sebagai bahan isian pada mulanya mempunyai pH rendah, secara perlahan akan naik setelah gas bio terbentuk.

3.10.2 Tipe Reaktor *Biogas*

Tiga tipe utama dari reaktor *biogas* yang sederhana dapat dikemukakan sebagai berikut :

- Reaktor *ballon*
- Reaktor kubah-tertentu (*fixed-dome*)
- Reaktor drum-terapung (*floating-drum*)



Gambar 3.5: Reaktor *Biogas* yang Sederhana A. Reaktor *Floating-drum*, B. Reaktor *Fixed-dome*, C. Reaktor *Fixed-dome* dengan tempat penampung gas terpisah (*gas holder*). Tekanan gas dijaga tetap konstan oleh *floating gas folder*. Reaktor (unit) dapat beroperasi sebagai sebuah reaktor tipe aliran *kontinu* dengan tidak ada tangki pengganti. Penggunaan sebuah agitator dianjurkan. D. Reaktor *ballon*, E. *Digester tipe-chanel* dengan folia dan pelindung matahari.

a) Reaktor *Ballon*

Reaktor *ballon* terdiri dari sebuah kantung digester terbuat dari plastik atau karet, dalam bagian atasnya, yang mana tempat gas disimpan. *Inlet* dan *outlet* melekat langsung pada permukaan *ballon*. Ketika ruangan gas penuh, reaktor bekerja seperti reaktor *fixed dome*, yaitu *ballonnya* tidak mengembang; *ballon* tersebut tidak begitu elastis.

Fermentasi *slury* sedikit diaduk oleh pergerakan permukaan *ballon*. Hal ini sangat menguntungkan proses penguraian. Bahkan bahan makanan yang

sulit seperti kiapu, dapat digunakan dalam reaktor *ballon*. Bahan yang telah terbukti sukses digunakan termasuk RMP (*Red Mud Plastic*), *Trevira* dan *Butyl*.

Keuntungan :

- Biaya murah
- Mengurangi transportasi
- Sedikit konstruksi (penting jika tabel air adalah tinggi)
- Temperatur digester yang tinggi
- Tidak perlu pembersihan, pengosongan dan pemeliharaan secara keseluruhan

Kekurangan :

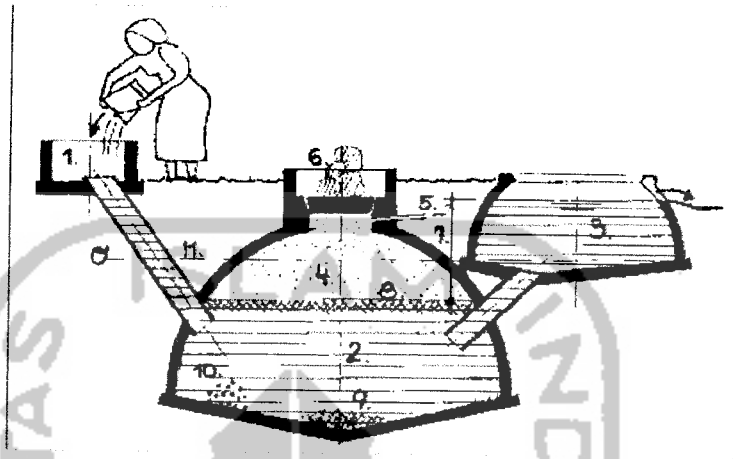
- Masa hidup pendek (sekitar 5 tahun)
- Cepat rusak
- Tidak menciptakan lapangan pekerjaan lokal

Reaktor *ballon* dapat dianjurkan kemanapun permukaan *ballon* tidak seperti akan rusak dan ketika temperatur bahkan tinggi. Salah satu variasi reaktor *ballon* adalah *digester-chanel* dengan folia dan pelindung matahari.

b) *Fixed dome*

Reaktor *fixed-dome* (Gambar 3.7) terdiri dari digester tertutup dengan sebuah ruangan gas yang tidak dapat dipindahkan (digerakkan) tertentu. Gas disimpan dalam bagian atas dari digester. Ketika permukaan produksi gas, *slury* digantikan kedalam tangki pengganti (*compensating tank*). Tekanan gas meningkat dengan volume penyimpanan gas, untuk itu volume digester tidak

boleh melebihi 20 m^3 . jika terdapat sedikit gas dalam penampung, maka tekanan gas rendah.



Gambar 3.6 : Reaktor *fixed-dome*, 1. Tangki campur dengan pipa inlet, 2. Digester, 3. Tangki pengganti dan removal, 4. Penampung gas, 5. Pipa gas, 6. Lubang palka tempat masuk, dengan lampu gas pelindung dan pemberat, 7. Perbedaan level = tekanan gas dalam cm WC, 8. Buih supernatan : memisahkan dengan bermacam-macam tingkatan, 9. Akumulasi dari lumpur yang tipis, 10. Akumulasi dari pasir halus dan bebatuan, 11. *Zero line* : ketinggian pengisian tanpa tekanan gas.

Dibutuhkan adanya sebuah alat pengatur tekanan atau tempat penampung gas terapung, jika dibutuhkan gas pada tekanan yang konstan (seperti untuk mesin-mesin). Mesin-mesin butuh banyak gas dan untuk itu dibutuhkan tempat penampung gas yang besar. Tekanan gas kemudian menjadi lebih tinggi jika tidak terdapat tempat penampung gas terapung (*Floating-Gasholder*).

Keuntungan :

- Biaya konstruksi murah
- Permanen
- Tidak ada bagian besi yang berkarat, sehingga masa hidup panjang (20 tahun atau lebih)

- Konstruksi dibawah tanah
- Memberikan perlindungan dari musim dingin dan hemat tempat
- Menciptakan lapangan kerja setenpat

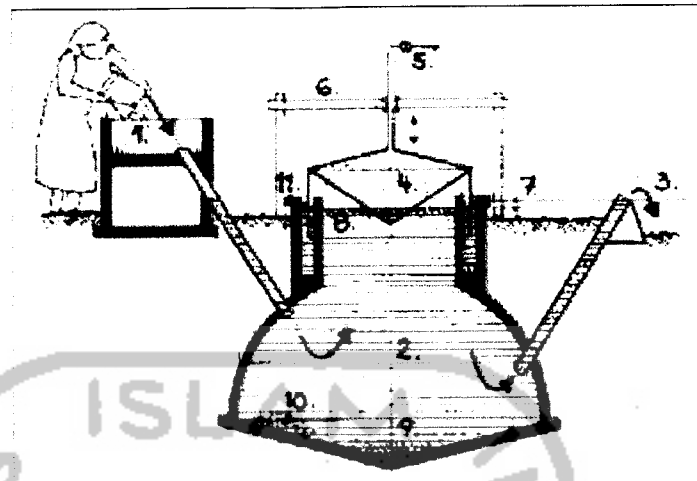
Kekurangan :

- Reaktor sering kali tidak ada lampu gas (merembes dan retak)
- Tekanan gas berubah-ubah, dan seringkali sangat tinggi
- Temperatur digester rendah

Reaktor *Fixed-dome* dapat dianjurkan hanya ketika konstruksinya diawasi oleh teknisi *biogas* yang berpengalaman.

c) Reaktor *Floating-drum*

Reaktor *Floating-drum* (gambar 3.8) terdiri dari sebuah digester dan tempat penampungan gas yang dapat berpindah. Tempat penampung gas terapung baik langsung pada fermentasi *slury* atau dalam selubung air dari reaktor. Gas terkumpul dalam drum gas, yang dengan demikian timbul. Jika gasnya dikeluarkan, drum gas akan terjatuh kembali. Drum gas mencegah dari kemiringan oleh *guide frame*.



Gambar 3.7 : Reaktor *Floating-drum*, 1. Tangki pencampur dengan pipa inlet, 2. Digester, 3. Limbah pada pipa outlet, 4. Tempat penampung gas dengan alat penguat untuk memisahkan buih permukaan, 5. outlet gas dengan keran utama, 6. Buangan *guide drum gas*, 7. Perbedaan level = tekanan gas dalam cm WC, 8. Buih terapung dalam keadaan bahan makanan berserat, 9. Akumulasi dari lapisan lumpur yang tipis, 10. Akumulasi dari pasir dan bebatuan, 11. Selubung air dengan lapisan minyak.

Keuntungan :

- Sederhana
- Pengoperasian mudah dimengerti
- Tekanan gas konstan
- Volume dari penyimpanan gas dapat dilihat secara langsung
- Sedikit sekali terjadi kesalahan dalam konstruksinya.

Kekurangan :

- Biaya konstruksi yang tinggi dari *Floating-drum*
- Banyak bagian berbahan besi, sehingga dapat menjadi korosif
- Masa hidup pendek, sekitar 5 tahun untuk drum
- Biaya pemeliharaan *reguler* untuk pengecatan

Walaupun dengan adanya kekurangan ini, reaktor *Floating-drum* selalu dianjurkan dalam keadaan ragu-ragu (sangsai). Reaktor selubung air (*water-jacket*) dapat dipakai diseluruh dunia dan khususnya mudah untuk pemeliharannya. Drum tidak akan melekat, bahkan jika substrat memiliki kandungan padatan yang tinggi. (Sasse, 1988).

3.10.3 Manfaat Biogas

Manfaat biogas :

1. Menciptakan suatu pengelolaan sanitasi yang cukup baik.
2. Menghasilkan suatu produk energi alternatif yang dapat digunakan untuk memasak.
3. Menghasilkan lumpur untuk pemupukan, untuk digunakan pada pertanian.

Berikut ini merupakan uraian penjelasan lebih lanjut mengenai manfaat dari biogas.

1. Manfaat pada sistem sanitasi.
 - Berhubungan dengan kesehatan, dapat mengurangi penyakit menular yang berasal dari tinja manusia, seperti kolera, diare dan penyakit lain akibat dari pencemaran tanah.
 - 99% dari bakteri berbahaya (*phatogens*) terhadap manusia akan mati dalam proses pembentukan *biogas*.
 - Secara umum kualitas lingkungan pada daerah peternakan dapat ditingkatkan, karena kotoran hewan secara sistematis dikumpulkan dan diproses.

2. Manfaat sebagai energi alternatif

- Menyediakan gas secara gratis yang dapat digunakan untuk memasak.
- Kondisi-kondisi sosial masyarakat pada negara berkembang dapat ditingkatkan dalam wujud pemanfaatan waktu yang lebih efisien dalam mencari kebutuhan energi untuk memasak seperti mengumpulkan kayu bakar yang lebih banyak memakan waktu.

3. Manfaat sebagai bahan bakar

- *Biogas* menghasilkan asap yang cukup bersih. Ketika *biogas* terbakar, tidak menimbulkan asap dan jelaga sehingga dinding dapur tetap bersih dan panci mudah dibersihkan karena tidak terlalu kotor. Kesehatan bagi orang memasak juga lebih terjamin karena tidak adanya asap dan jelaga.
- *Biogas* menghasilkan panas yang efektif. Dalam sebulan, *biogas* yang dihasilkan sebanyak 2m³ sebanding dengan 26 kg LPG, 37 liter paraffin, 88 kg batubara dan 210 kg arang kayu.
- Biogas lebih murah dari LPG dan penggunaannya sangat efektif untuk daerah pedesaan pada suatu negara.

4. Manfaat lumpur dari reaktor *biogas* untuk bahan *fertilizer*.

- Lumpur *fertilizer* yang dihasilkan sangat mudah diserap oleh tanah.
- Lumpur yang dikeringkan dapat dijadikan pupuk untuk perkebunan dan pertanian.

3.11 Parameter Yang Akan di Teliti

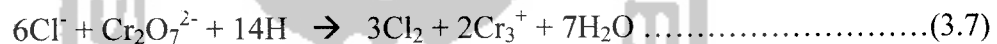
3.11.1 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia, 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 CO_2 dan H_2O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak semua zat organik dapat terurai oleh bakteri (Srikandi Fardiaz, 1976).

COD ini secara khusus bernilai apabila BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun. Waktu pengukurannya juga relatif 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 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 yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar air oleh zat-zat organis yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. (G. Alerts, 1984).

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Dalam hal ini bahan buangan organik akan dioksidasi oleh *kalium bicrhomat* menjadi gas CO₂ dan H₂O serta sejumlah ion *Crhom*. *Kalium Bicrhomat* atau K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Reaksi tersebut perlu pemanasan dan juga penambahan katalisator perak sulfat (Ag₂SO₄) untuk mempercepat reaksi. Apabila dalam bahan buangan organik diperkirakan ada unsur *Chlorida* yang dapat mengganggu reaksi maka perlu ditambahkan merkuri sulfat untuk menghilangkan gangguan tersebut. *Chlorida* dapat mengganggu karena dapat ikut teroksidasi oleh *kalium bikromat* sesuai dengan reaksi berikut ini :



Apabila dalam larutan air lingkungan terdapat *Chlorida*, maka oksigen yang diperlukan pada reaksi tersebut tidak menggambarkan reaksi sebenarnya. Seberapa jauh tingkat pencemaran oleh bahan buangan organik tidak dapat diketahui secara benar. Warna larutan air lingkungan yang mengandung bahan buangan organik sebelum reaksi oksidasi adalah kuning. Setelah reaksi oksidasi selesai maka akan berubah menjadi hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi terhadap bahan buangan organik sama dengan jumlah *kalium bicrhomat* yang dipakai pada reaksi tersebut diatas. Makin banyak *kalium bicrhomat* yang dipakai pada reaksi oksidasi, berarti makin banyak oksigen yang diperlukan. Ini berarti bahwa air lingkungan makin banyak tercemar oleh bahan buangan organik,

dengan demikian maka seberapa jauh tingkat pencemaran air lingkungan dapat diketahui.

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 dari pada tes BOD

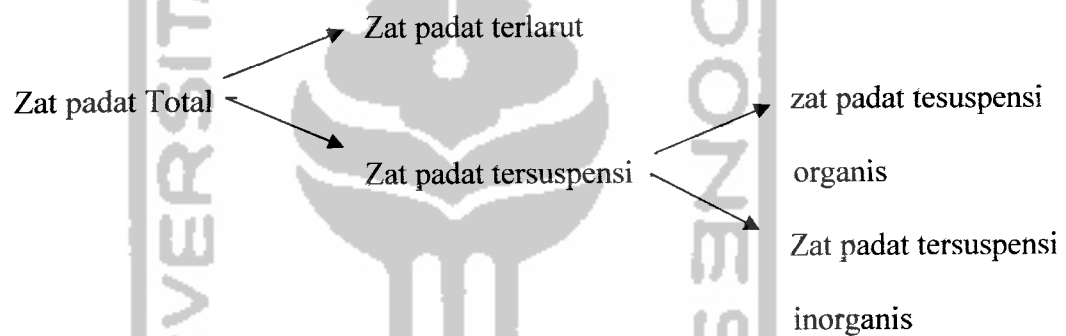
3.11.2 Total Suspended Solid (TSS)

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 sampai 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. (Slamet, 2002).

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. (Alaerts, 1984).