

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Buangan Domestik

Air buangan dapat diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas dengan sifat berupa endapan atau padat tersuspensi, terlarut sebagai kolid ataupun emulsi yang menyebabkan air yang dimaksud harus dipisahkan atau dibuang (Tjokrokusumo, 1995).

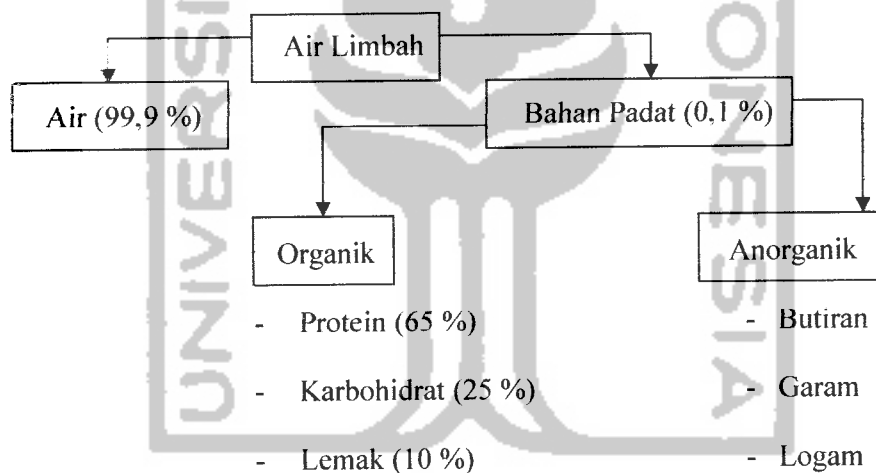
Dalam beberapa literatur dinyatakan bahwa air limbah adalah, air buangan yang dihasilkan oleh suatu kegiatan makhluk hidup atau kelompok baik kelompok usaha atau kelompok kehidupan lain. Pada awalnya air limbah ini adalah air bersih dari suatu sumber air yang kemudian digunakan untuk suatu proses produktif seperti pada kegiatan rumah tangga, kemasyarakatan, industri, pertanian, rumah sakit dan lainnya yang kemudian dibuang setelah digunakan (Moelyo, 1989).

Pada daerah pemukiman biasanya air limbah disalurkan melalui sistem drainase, yang kemudian dibuang dan dibersihkan di daerah tertentu yang jauh dari daerah pemukiman tersebut. Namun demikian, pada kenyataannya masih banyak air limbah yang dibuang ke badan air tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Hal ini yang dijadikan dasar pemikiran setiap usaha dalam pengendalian pencemaran air di Indonesia, karena pengertian pencemaran air disini adalah masuknya komponen lain ke dalam air sebagai akibat kegiatan manusia. Sehingga

pencemaran air mengakibatkan kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tersebut tidak berfungsi lagi karena tidak sesuai dengan peruntukannya (Moelyo, 1989).

Sedangkan kalau dilihat dari pengertian air buang domestik itu sendiri adalah air buangan yang berasal dari kamar mandi, dapur, tempat cuci serta WC (Sugiharto, 1987).

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang bervariasi. Akan tetapi secara besarnya zat-zat yang terdapat dalam air limbah dapat dikelompokkan sebagaimana berikut :



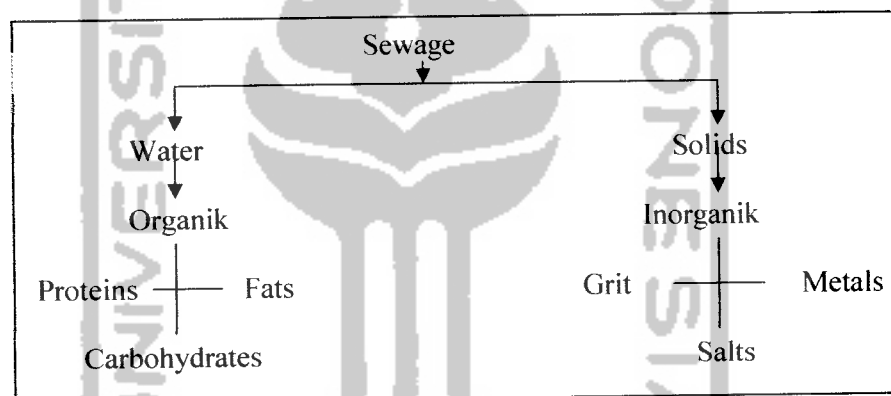
Gambar 2.1 Skema Pengelompokan Bahan yang Terkandung dalam Air Limbah (Sugiharto, 1987)

2.2 Komposisi Dan sifat-sifat Air Buangan Domestik

Air buangan domestik merupakan campuran yang rumit antara bahan organik dan anorganik dalam bentuk, seperti partikel-partikel benda padat besar dan kecil atau sisa-sisa bahan larutan dalam bentuk koloid (Mahida, 1986). Air

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

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



Gambar 2.2 Komposisi air buangan domestik (Tebbutt, 1970)

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

- Sifat Fisik

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

dan benda-benda terapung yang tidak segera mengendap. Pendegradasian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemaran.

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

- 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 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.

Komposisi kimia air buangan domestik dapat dilihat pada tabel :

Tabel 2.1 Karakteristik kimiawi air buangan domestik

Parameter	Konsentrasi (mg/L)		
	Kuat	Medium	Lemah
Total zat padat (TS)	1200	720	350
Zat padat terlarut (DS)	850	500	250
Zat padat tersuspensi (SS)	350	220	100
BOD5	400	220	110
TOC	290	160	80
COD	1000	500	250
N total	85	40	20
P total	15	8	4
Cl	100	50	30
Alkalinity (CaCO_3)	200	100	50
Lemak	150	100	50

(Sumber : Djajadiningrat, 1992)

- Sifat Biologis

Keterangan tentang sifat biologis air buangan domestik diperlukan untuk mengukur tingkat pencemaran sebelum dibuang ke badan air penerima.

Mikroorganisme-mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan-bahan organik di dalam air buangan domestik adalah bakteri, jamur, protozoa dan algae.

Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai makanannya. Berdasarkan penggunaan makanannya, bakteri dibedakan menjadi bakteri autotrof dan heterotrof. Bakteri autotrof menggunakan karbondioksida sebagai sumber zat karbon, sedangkan bakteri heterotrof menggunakan bahan organik sebagai sumber zat karbonnya. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik disebut bakteri aerob, sedangkan yang tidak memerlukan oksigen disebut bakteri anaerob.

Selain bakteri, jamur juga termasuk dekomposer pada air buangan domestik. Jamur adalah mikroorganisme nonfotosintesis, bersel banyak, bersifat aerob dan bercabang atau berfilamen yang berfungsi untuk memetabolisme makanan. Bakteri dan jamur dapat memetabolisme bahan organik dari jenis yang sama.

Protozoa adalah kelompok mikroorganisme yang umumnya motil, bersel tunggal dan tidak ber dinding sel. Kebanyakan protozoa merupakan predator yang sering kali memangsa bakteri. Peranan protozoa penting bagi penanganan limbah organik karena protozoa dapat menekan jumlah bakteri yang berlebihan. Selain itu protozoa dapat mengurangi bahan organik yang tidak dapat di

metabolisme oleh bakteri ataupun jamur dan membantu menghasilkan effluen yang lebih baik.

Karakteristik biologis adalah banyaknya zat-zat biologis yang terkandung dalam air buangan. Zat-zat biologis ini umumnya berupa mikroorganisme yang dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian (Linsey, Franzini & Saongko, 1986) yaitu :

- a. Protista, terdiri dari bakteri, fungi, protozoa dan algae
- b. Tumbuhan, terdiri dari macam-macam lumut
- c. Hewan invertebrata dan vertebrata terdiri dari bertulang belakang, kerang-kerangan, kutu dan larva.

2.2.1. Karakteristik Air Limbah

Seperti diuraikan sebelumnya bahwa dalam air limbah terkandung sejumlah senyawa organik dan anorganik, dimana semakin tinggi kandungan senyawa tersebut akan semakin tinggi pula biaya pengolahan limbahnya. Hal ini akan memberi pengaruh pula pada sistem analisa kualitas air secara lengkap, sehingga dengan penerapan IPTEK yang tepat kendala pemeriksaan kualitas air limbah yang lengkap akan dapat diatasi.

Dengan penerapan IPTEK serta analisa yang sesuai karakteristik air limbah, akan dapat dengan mudah dilakukan pemisahan analisis menurut kelompok parameter nya, sebagai contoh analisis logam berat menurut dengan logam konsentrasi tinggi demikian pula dengan analisis senyawa toksik lainnya.

2.3 Sumber Air Limbah Rumah Tangga

Sumber air limbah rumah tangga umumnya dari kamar mandi, tempat cuci, dapur dan toilet/kakus. Air limbah dari kakus umumnya. Pengolahan air limbah, sangat berkaitan dengan karakteristik air limbah. Air limbah rumah tangga jika dilihat dari sumbernya ada dua macam:

1. Air limbah rumah tangga yang bersumber dari toilet/kakus (*black water*)
2. Air limbah rumah tangga non kakus (*grey water*)

Sedangkan air limbah rumah tangga non kakus berdasarkan hasil penelitian. Puslitbang Permukiman seperti pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.2. Kualitas air limbah non kakus (*Grey Water*) di Indonesia

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	8,5
2	Temperatur	oC	24
3	Amonium	Mg/L	10
4	Nitrat	Mg/L	0
5	Nitrit	Mg/L	0,005
6	Sulfat	Mg/L	150
7	Phospat	Mg/L	6,7
8	CO ₂	Mg/L	44
9	HCO ₃	Mg/L	107
10	DO	Mg/L	4,01
11	BOD ₅	Mg/L	189
12	COD	Mg/L	317
13	Khlorida	Mg/L	47
14	Zat Organik	Mg/L KMno ₄	554
15	Detergen	Mg/L MBAS	2,7
16	Minyak	Mg/L	<0,05

(Sumber : Balai Lingkungan Permukiman "Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga")

Tabel 2.3. Kualitas Air limbah rumah tangga dari WC/kakus di Indonesia

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	6,5 – 7,0
2	Temperatur	oC	37
3	Amonium	Mg/L	25
4	Nitrat	Mg/L	0
5	Nitrit	Mg/L	0
6	Sulfat	Mg/L	20
7	Phospat	Mg/L	30
8	CO ₂	Mg/L	
9	HCO ₃	Mg/L	120
10	BOD ₅	Mg/L	220
11	COD	Mg/L	610
12	Khlorida	Mg/L	45
13	Total Coli	MPN	3X10 ⁵

(Sumber : Balai Lingkungan Permukiman “Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga”)

2.4 Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Biologis

Proses tersebut 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 dijaga 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
- O₂
- 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

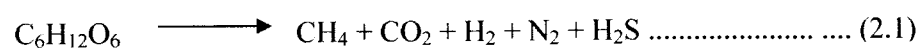
proses pengolahan biologis secara aerobik berarti proses pengolahan biologis yang melibatkan oksigen didalamnya.

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 %), CO₂ (25 – 45 %), dan sejumlah kecil unsur H₂N₂H₂S (Ye-Shi Cao, 1994).

Reaksinya dapat dijelaskan sebagai berikut :



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.

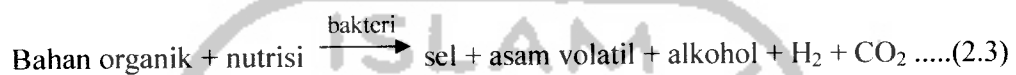
Tabel 2.4 Jenis-jenis genus bakteri metana

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

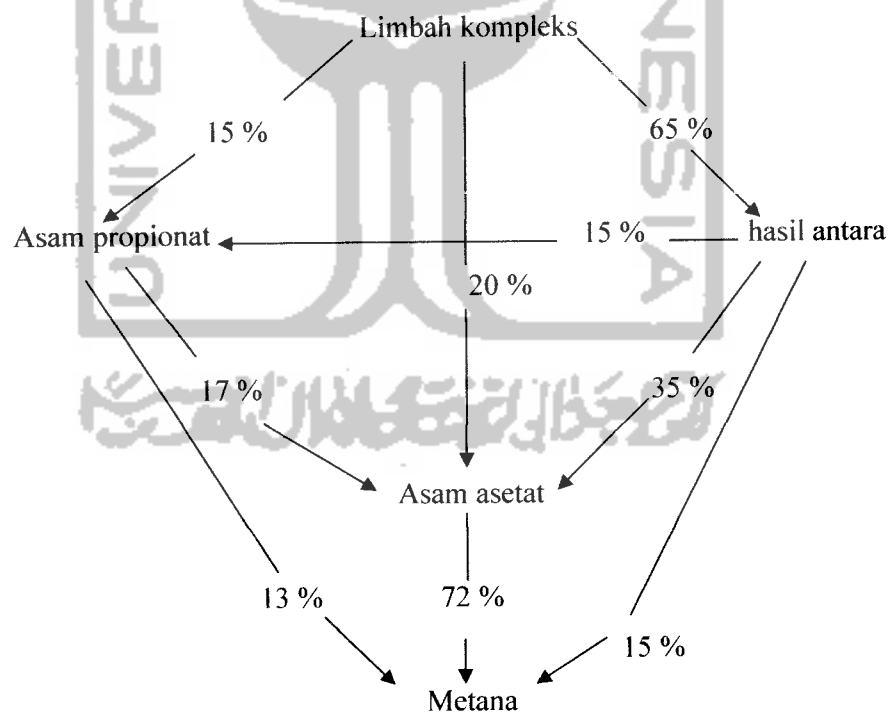
(Sumber : Ibnu, 2002)

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) :



Sebagai *substrat* untuk pembentukan metana dapat juga digunakan asam propionat, asam asetat dan komponen lainnya dengan proporsi dan peruraian seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.3 *Substrat* dalam fermentasi anaerobik metana (Ibnu, 2002)

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

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 CO₂ yang terbentuk yang akan mempengaruhi laju fermentasi tidak dapat keluar dari sistem sehingga terakumulasi dan meningkat, terutama bila laju pembentukan metana lambat. Contoh lainnya adalah sulitnya mengatur laju pembentukan metana yang sebanding dengan laju fermentasi asam. Methanbacterium umumnya tumbuh lebih lambat jika dibandingkan dengan bakteri yang dalam aktivitasnya akan membentuk asam. Waktu regenerasi bakteri metana umumnya mencapai 12 jam, sedangkan untuk bakteri yang bersifat fakultatif, waktu regenerasi hanya 0,3 atau kurang.

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 2.5 Hasil produk pemecahan komponen anaerobik dan aerobik

Kondisi aerobik		Kondisi anaerobik	
C	→ CO ₂	C	→ CH ₄
N	→ NH ₃ + HNO ₃	N	→ NH ₃ + amin
S	→ H ₂ SO ₄	S	→ H ₂ S
P	→ H ₃ PO ₄	P	→ PH ₃ + komponen fosfor

(Sumber : Ibnu, 2002)

Senyawa-senyawa hasil penguraian secara aerobik seperti amin, H₂S dan komponen fosfor mempunyai bau yang menyengat, misal amin berbau anyir sedangkan H₂S 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 2.6 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 nutrisi yang diperlukan untuk proses	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, fosfat layak untuk diperhatikan yaitu biasanya dalam perbandingan : karbon : nitrogen : fosfat = 150 : 55 : 1.

(Sumber : Ibnu, 2002)

2.5 Deskripsi Bio H⁺ (plus)

Bio H⁺ adalah serbuk inokula pengurai limbah organik didalamnya terkandung starter bakteri dan bahan – bahan alami yang dapat menghasilkan *bifido bacteria* (bakteri yang menguntungkan) untuk mempercepat proses pembusukan limbah organik.

Bio H+ mempunyai kemampuan mendegradasi/mengurai limbah organik sehingga dapat digunakan untuk perawatan WC agar WC tidak segera penuh, juga tidak berbau dan dapat menguraikan atau mengurangi volume tinja sampai habis secara efisien, efektif dan aman.

Bio H+ mempunyai beberapa manfaat yang dapat digunakan untuk menguraikan tinja adalah :

1. Mengatasi WC/*Septic Tank* penuh atau mampat, karena :
 - Struktur tanah yang padat (pori-pori kecil), sehingga tinja sulit meresap;
 - Naiknya permukaan air tanah akibat musim hujan;
 - Jumlah bakteri pengurai dalam *Septic Tank* pada umumnya sangat kurang dibanding dengan kecepatan penumpukannya; dan/atau
 - *Septic Tank* mengandung lysol/karbol/sabun/deterjen dalam jumlah banyak, sehingga bakteri pengurai terbunuh.
2. Menghilangkan bau.
3. Menjaga kualitas air sumur dekat WC/*Septic Tank*
4. Membunuh kuman (disentri, kholera, typhus, dll)

Pemakaian Bio H+ untuk mendegradasi air limbah pada septik tank dengan kebutuhan dan sesuai dengan petunjuk pemakaian yang ada yaitu sesuai dengan kriteria penggunaannya Bio H+ yang merupakan serbuk mikroba pengurai limbah organik yang berwujud seperti tanah humus berasal dari rerumputan dan tanah hutan Indonesia. Bio H+ bekerja memakan dan menguraikan tinja menjadi zat-zat yang lebih sederhana, dan yang tinggal cuma cairan yang mudah diserap oleh tanah resapan serta menghilangkan bau yang menyengat.

Untuk penggunaannya cukup dengan 1 - 2 m³ volume *septic tank* dan taburkan bubuk mikroba itu langsung ke dalam *septic tank* atau lewat kloset sedikit demi sedikit. Dapat pula dengan mencampurkan air pada 1 - 2 ember air sebelum digunakan. Untuk pemeliharaan disarankan untuk memberikan lagi dengan takaran sama antara 3 - 6 bulan sekali. Bio H+ tidak mengandung bahan-bahan kimia ataupun senyawa yang berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya.

2.5.1 Bakteri pada Bio H⁺

Bahan Pengurai limbah organik (Bio H+) pada septic tank mengandung 2 bakteri yaitu *Bacillus cereus* dan *Staphylococcus sp* dan untuk lebih jelasnya tentang kedua bakteri tersebut dapat dilihat dibawah ini :

- *Bacillus cereus*

Bacillus cereus merupakan bakteri yang sangat endemis, dan sering tinggal pada tempat yang kotor, bakteri ini juga merupakan positif gram yang berbentuk seperti batang dan dapat menyebabkan timbulnya penyakit yang berasal dari makanan. Bakteri *B. cereus* merupakan bagian dari anggota genus *Bacillus* yang mana dapat menghasilkan pertahanan pada endospores.

Pathogenitas *Bacillus cereus*

Bacillus cereus mayoritas dapat menyebabkan penyakit yang dihasilkan dari makanan sebanyak (2 – 5%). Ini dapat diketahui dari ciri-ciri yang terkena penyakit *Bacillus cereus* yaitu sakit kepala yang terlalu berat, muntah-muntah dan faktor kegemukan yang tidak sehat. Pada umumnya *Bacillus cereus* merupakan penyakit yang dikarenakan dari makanan oleh

karena itu untuk menghilangkan benih bakteri harus memasak makanan sebaik mungkin. Problem ini dapat dapat menyerang pada makanan yang sudah dingin/basi dan berjamur. Hasil pertumbuhan dari bakteri *Bacillus cereus* adalah enterotoxin : yang pada waktu tertentu dapat menghasilkan racun yang tidak dapat di hilangkan, karena bakteri *Bacillus cereus* mempunyai 2 tipe yang dapat menyebabkan keracunan makanan antara lain :

1. Tipe diarrheal adalah berhubungan dengan banyaknya jumlah makanan, mempunyai waktu inkubasi 8 – 16 jam . Dan juga dapat diketahui lama waktunya inkubasi dilihat dari bentuk *Bacillus cereus* yang mana makanannya mengandung racun, ini sangat sulit untuk membedakan adanya ada tidaknya keracunan makanan.
2. Tipe ematic pada umumnya disebabkan dari cara memasak nasi yang tidak sesuai sehingga jika memakannya akan menimbulkan sakit kepala dan muntah-muntah selama 1 – 5 jam lebih. Tipe ini sangat sulit untuk dikenali dari asal makanan yang terkena bakteri patogen.

Klasifikasi ilmiah *Bacillus cereus* :

- *Kingdom* : *Bacteria*
- *Phylum* : *Firmicutes*
- *Class* : *Bacili*
- *Order* : *Bacillales*
- *Family* : *Bacillaceae*
- *Genus* : *Bacillus*

- *Staphylococcus sp*

Staphylococcus sp adalah bakteri yang sering tinggal pada kulit atau didalam hidung seseorang. Ini dapat menyebabkan penyakit dan kurang lebig pada infeksi kulit (seperti: bengkak, bisul, dan bernanah). Penyakit ini mengancam kehidupan seperti pada *pneomonia, meningitis, endocarditis, Toxic shock syndrome* dan *septicemia*. Bakteri *Staphylococcus sp* berbentuk bulat dan sangat berbahaya karena tiap tahun sebanyak 500,000 pasien di rumah sakit Amerika terkena infeksi *staphylococcal*.

Staphylococcus sp dilihat dari Mikrobiologi

Staphylococcus sp adalah gram positif *coccus* yang mana akan kelihatan seperti biji dan bentuknya besar pada sekitarnya jika dilihat dengan mikroskop.

Staphylococcus sp adalah katalis positif dan dengan mudahnya berubah menjadi hydrogen peroxide (H₂O₂) untuk air dan oksigen, yang mana dapat digunakan tes katalis untuk membedakan staphylococci dan enterococci. *Staphylococcus sp* dapat dibedakan dari banyaknya staphylococci oleh tes katalis. *Staphylococcus sp* sebagai katalis positif tapi ada juga spesies *Staphylococcus sp* yang mempunyai koagulan negatif.

Klasifikasi ilmiah *Staphylococcus sp* :

- *Kingdom* : *Bacteria*
- *Phylum* : *Firmicutes*
- *Class* : *Bacilli*
- *Order* : *Bacillales*
- *Family* : *Staphylococcaceae*
- *Genus* : *Staphylococcus*

2.6 Septik Tank

2.7.1 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 2.7 Perbandingan efluen pada septik tank antara satu kompartemen dan dua kompartemen

karakteristik	Satu ruang			Dua ruang		
	influen	efluen	% removal	influen	efluen	% 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 2.8 Perbandingan efluen pada septik tank antara satu kompartemen dan dua kompartemen

karakteristik	Satu ruang			Dua ruang		
	influen	efluen	% removal	influen	efluen	% 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 2.9 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 2.10 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 : Metcalf & 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.

Sistem pengolahan air buangan secara on-site dapat menjaga lingkungan dan kesehatan masyarakat umum dan dengan minimalnya biaya pemeliharaan terhadap sedikitnya populasi yang ada dan dapat memberikan solusi pada waktu jangka panjang untuk populasi kecil yang sedang berkembang. (1996 USEPA)

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

Sedangkan desain Septik tank terutama didasarkan pada pengguna Septik tank dan perkiraan pada waktu pengurasan

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).

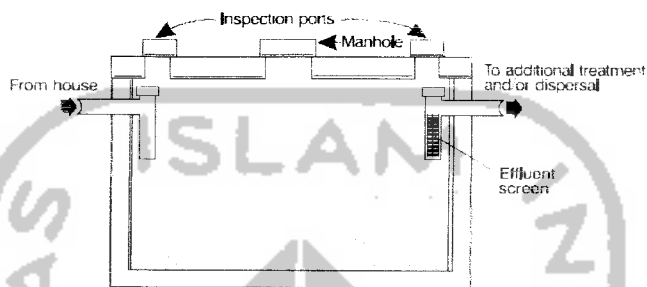
Instalasi pengolahan lumpur tinja adalah salah satu bentuk bangunan yang dibuat untuk mengolah lumpur tinja disedot dari septik tank penduduk (Sri redzeki, 2001).

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).



Gambar 2.5 Skema Septik tank

Tabel 2.11 Konstruksi septik tank dengan 2 chamber atau lebih.

<i>Treatment chamber 1</i>	<i>Treatment chamber 2</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Sekitar 70 % (2/3) dari total volume desain karena sebagian besar dari <i>sludge</i> dan <i>scum</i> akan terjadi diruang ini - lumpur yang mengendap pada bagian bawah dan untuk seterusnya <i>sludge</i> ini akan terurai lewat proses anaerobik. - Supernatant ialah cairan yang berkurang unsur padatnya dan untuk seterusnya akan mengalir menuju ke <i>chamber 2</i>. - <i>Scum</i> (buih) ialah bahan yang lebih ringan dari minyak, lemak. <i>Scum</i> ini semakin lama semakin tebal, oleh karena itu perlu dihilangkan secara periodik (minimal 1 tahun sekali). <i>Scum</i> sebenarnya tidak mengganggu reaksi yang terjadi selama proses pengolahan akan tetapi bila terlalu tebal akan memakan tempat hingga kapasitas treatment berkurang. 	<ul style="list-style-type: none"> - kira-kira 30 % (1/3) total volume untuk menangkap partikel padatan yang lolos dari <i>chamber 1</i>. - endapan lumpur, khususnya partikel yang tidak mengendap di <i>chamber 1</i> - <i>supernatant</i> yang seterusnya menjadi effluent untuk dibuang ke alam atau diresapkan ke dalam tanah.

(Sumber : Ibnu, 2002)

Septik tank ini 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 2.12 Kriteria desain septik tank

Septik tank	Kriteria Desain
HRT minimum 1 harinya diperkirakan	6 jam 1,5-0,3 log (debit air limbah dalam liter)
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.

Table 2.13 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 2.14 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 2.15 Baku mutu air limbah domestik

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

(Sumber : KepMenLH 112/2003)

Tabel 2.16 Karakteristik efluen septik tank

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

(Sumber : EPA, 2002)

2.7 Dasar-dasar Pembuangan Tinja

Pembuangan tinja atau exreta manusia merupakan bagian yang penting dari sanitasi lingkungan. Pembuangan tinja manusia yang terinfeksi yang dilaksanakan tidak layak atau tanpa memenuhi persyaratan sanitasi dapat menyebabkan terjadinya pencemaran tanah dan sumber-sumber penyediaan air. Disamping itu juga akan memberikan kesempatan bagi serangga seperti lalat dan spesies yang lain untuk bertelur dan bersarang. Penanganan pembuangan tinja yang baik perlu dilakukan untuk memenuhi persyaratan sanitasi. Tujuannya adalah untuk menampung serta mengisolir tinja sedemikian rupa sehingga dapat mencegah terjadinya hubungan langsung maupun tidak langsung antara manusia dan tinja dan dapat dicegah terjadinya penularan penyakit dari penderita kepada orang yang sehat maupun pencemaran lingkungan pada umumnya, (Dep Kes RI, 1990).

Prosedur pembuangan tinja yang dapat dilakukan sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang ada pada masyarakat, salah satu faktor yang sangat penting adalah faktor penerimaan masyarakat akan salah satu jenis sarana yang akan diterapkan dalam suatu program sanitasi yang pada umumnya dipengaruhi oleh kebiasaan masyarakat.

Faktor-faktor utama yang perlu diperhatikan :

a. Faktor Teknis:

1. Faktor dekomposisi exreta manusia

Fenomena yang terjadi proses dekomposisi exreta manusia memegang peranan penting dalam perencanaan sistem sarana pembuangan tinja.

Dekomposisi exreta yang merupakan proses biologis dan berlangsung secara alamiah ini melaksanakan tiga aktivitas sebagai berikut :

- Pemecahan senyawa organik kompleks seperti protein dan urea kedalam bentuk yang lebih sederhana dan stabil.
- Pengurangan volume dan massa bahkan yang mengalami dekomposisi dengan menghasilkan gas seperti metan, karbondioksida, amonia, dan nitrogen yang dibebaskan ke atmosfer dan dengan menghasilkan bahan-bahan yang terlarut yang dalam keadaan tertentu meresap kedalam tanah.
- Penghancuran organisme patogen yang dalam beberapa hal tidak dapat bertahan hidup dalam proses dekomposisi atau serangan kehidupan biologik yang sangat banyak terdapat dalam massa yang mengalami dekomposisi baik aerobik maupun anaerobik.

2. Faktor kuantitas tinja manusia

3. Faktor pencemaran tanah dan air tanah

4. Faktor penempatan sarana pembuangan tinja

b. Faktor Non teknis :

1. Faktor manusia

2. Faktor biaya

Sarana pembangunan tinja harus saniter dan aman bagi kesehatan lingkungan disekitarnya. adapun tipe jamban atau sarana pembanguna tinja yang akan dipilihada disekitarnya dan memenuhi persyaratan sanitasi maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut (Sugiharto, 1987) :

- a. Dinding septik tank hendaknya dibuat dari bahan yang rapat air
- b. Untuk membuang air limbah hasil pencernaan dari septik tank perlu dibuat saluran peresapan.
- c. Septik tank direncanakan untuk membunagkotoran rumah tangga dengan jumlah air limbah sekitar 100 liter/orang/hari.
- d. Waktu tinggal air limbah didalam septik tank diperkirakan minimal 24 jam.
- e. Besarnya ruang lumpur diperkirakan untuk menampung lumpur yang dihasilkan dari proses pencernaan dengan patokan banyaknya lumpur sebesar 30 liter/orang/hari, sedangkan waktu pengambilan lumpur dipertimbangkan minimal 4 tahun.
- f. Lantai dasar septik tank harus dibuat miring kearah ruang lumpur.
- g. Pipa air masuk kedalam septik tank hendaknya selalu lebih tinggi kurang lebih 2.5 cm dari pipa keluaranya.
- h. Septik tank dilengkapi dengan lubang pemeriksaan dan lubang penghawaan untuk membung gas hasil pencernaan.

- i. Untuk menjamin terpakainya bidang resapan maka dipakai siphon otomatis yang sangat bermanfaat agar air limbah yang dibuang ke daerah resapan dapat terbuang secara berkala.

Didalam tangki septik tank, tinja akan berada selama satu sampai tiga hari tergantung kapasitas tangki selama waktu tinja akan mengalami dua proses yaitu :

1. Proses Mekanik

Akibat penghancuran, massa tinja akan direduksi dan sebagian besar (60 – 70%) zat-zat padat akan mengendap didasar tangki sebagai sludge. Zat-zat yang tidak dapat dihancurkan bersama-sama lemak dan busa akan mengapung dan membentuk suatu lapisan yang menutupi permukaan air limbah dalam tangki. Lapisan ini sering disebut sebagai scum dan berfungsi untuk mempertahankan suasana anaerob dari cairan dibawahnya.

2. Proses Biologi

Terjadinya proses dekomposisi melalui aktivitas anaerob dan fakultatif anaerob yang memakan zat-zat organik dalam sludge dan scum. Hasil nyata dari proses ini selain terbentuk gas dan zat cair lainnya ada pengurangan volume dari sludge sehingga memungkinkan septik tank beroperasi 1 – 4 tahun atau lebih. Cairan effluen walaupun masih sedikit keruh praktis sudah tidak mengandung lagi bagian-bagian dari tinja lagi dan mempunyai BOD dan SS yang relatif rendah (Haryoto, 1985).

Sumur peresapan atau seepage pit adalah suatu lubang sumuran yang ber dinding pipa dan mempunyai sambungan terbuka dimana air kotor dirembeskan kedalam tanah yang ada disekitarnya. Sumur peresapan berguna

terutama untuk membuang kotoran berupa bekas cucian. Umumnya merupakan suplemen dari septik tank dimana letak sumur peresapan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Sedikit-dikitnya 35 meter dari sumber air
- Sedikit-dikitnya 7 meter dari bangunan rumah
- Sedikit-dikitnya 3 1/2 dari garis milik

Pembuatan saluran peresapan diusahakan sedikit mungkin dapat berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan sekitar

2.8. Bahan Organik Dalam Air Buangan

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

2.8.1 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasian $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*Oxidizing agent*).

COD (*Chemical oxygen demand*) adalah banyaknya oksigen dalam miligram perliter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimia (Sugiharto, 1987).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi secara kimiawi, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik dalam air buangan dan air alami. *Equivalent* oksigen dari bahan organik yang dapat dioksidasi dihitung dengan menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam. Kadar COD air buangan secara umum lebih besar dari BOD karena lebih banyak senyawa dapat dioksidasi secara kimia daripada biologis.

Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dengan BOD dapat ditetapkan yaitu :

Tabel 2.17. 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)

2.8.2. TSS (*Total Suspended Solid*)

Zat padat tersuspensi atau *Suspended Solid* adalah sejumlah berat dalam miligram penyaringan dengan membran berukuran 0,045 mikron. Dimana filter membran tersebut mengandung bahan tersuspensi yang dikeringkan pada suhu 105 °C selama 2 jam (Sumestri, 1987).

TSS (*Total suspended solid*) adalah zat padat tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan pada air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen. Air lumpur tinja mempunyai jumlah padatan tersuspensi yang sangat bervariasi tergantung dari karakteristik limbah. Seperti halnya padatan terendap, padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar cahaya kedalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis (Srikandi Fardiaz, 1992).

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).

2.9. Dekomposisi Tinja

Tinja dimana saja berada atau ditampung akan segera mulai mengalami penguraian (*decomposition*), yang pada akhirnya akan berubah menjadi bahan yang stabil, tidak berbau, dan tidak mengganggu.

Aktivasi utama dalam proses dekomposisi adalah :

1. Pemecahan senyawa organik kompleks, seperti protein dan urea, menjadi bahan yang lebih sederhana dan lebih stabil.
2. Pengurangan volume dan massa (kadang – kadang sampai 80 %) dari bahan yang mengalami dekomposisi, dengan hasil gas metan, karbon dioksida, amonia, dan nitrogen yang dilepaskan ke atmosfer, bahan – bahan terlarut yang dalam keadaan tertentu meresap kedalam tanah dibawahnya.
3. Penghancuran organisme patogen yang dalam beberapa hal tidak mampu hidup dalam proses dekomposisi, atau diserang oleh banyak jasad renik di dalam massa yang tengah mengalami dekomposisi.

Bakteri memegang peranan penting dalam dekomposisi. Aktivasi bakteri dapat berlangsung dalam suasana aerobik, yakni dalam keadaan terdapat udara, atau anaerobik dalam keadaan tidak terdapat oksigen. Seluruh proses dapat berlangsung secara anaerobik, seperti yang terjadi pada kakus air (*aqua privy*), tangki pembusukan (*septic tank*), atau pada dasar lubang yang dalam, atau secara aerobik, seperti pada dekomposisi tertentu. Disamping itu, dekomposisi dapat terdiri lebih dari satu tahap, sebagian aerobik dan sebagian lainnya anaerobik, tergantung pada kondisi fisik yang ada. Sebagai contoh, proses anaerobik berlangsung dalam tangki pembusukan, effluen cair meresap kedalam tanah

melalui saluran peresapan dan meninggalkan banyak bahan organik pada lapisan atas tanah. Bahan organik itu diuraikan secara aerobik oleh bakteri saprofit yang mampu menembus tanah sampai sedalam 60 cm.

Ukuran kumpulan bakteri dominan di dalam septic tank (Ziebel, 1974) adalah total fecal, total coliform, fecal streptococci, lactic acid bacteria, anaerob dan lainnya. Total populasi bakteri bisa mencapai 230,000,000 per ml (Tyler 1978). Taber (1976) membagi bakteri menjadi 2 kelompok, memisahkan bakteri yang methanogenic, atau metana (gas) terdahulu, dari bakteri yang methanogenic tersebut. Kemudian beberapa bakteri dikelompokkan dalam masing – masing kelompok :

- Yang termasuk bakteri non methanogenic :

Ammomyes, Alkaligenes viscolatis, A. faecalis, Baccillus, Bacteroides, Bifido bacterium, Branhamella catarrhalis, Clostridium, Corynebacterium, Desulfovibrio desulfuricans, E. coli, Eubacterium, Euteubacter atrotenes, Fusobacterium, Lactobacillus, Leptospira biflexa, Micrococcus varians, Micrococcus lateus, Peptococcus, Pseudomonas reptilivora, Ramibacterium, Spirillum, Veillonella, and vibrio.

- Yang termasuk bakteri methanogenic :

Methano bacterium, Methanobactrium formicicum, Methanobacterium ruminatum, Methanospirillum sp, and Methanococcus vanneilli.

Proses dekomposisi berlangsung pada semua bahan organik mati yang berasal dari tumbuhan atau hewan, terutama pada komponen nitrit, sulfat, atau

karbonat yang dikandungnya. Pada kotoran manusia yang merupakan campuran tinja dan air seni yang relatif kaya akan senyawa nitrat, proses dekomposisi terjadi melalui siklus nitrogen. Pada siklus ini pertama – tama, senyawa dipecahkan menjadi amonia dan bahan sederhana lainnya. Kemudian diubah oleh bakteri nitrit (*nitrifying bacteria*) menjadi nitrit dan nitrat. Bau merangsang yang timbul selama dekomposisi air seni disebabkan oleh amonia yang terlepas sebelum berubah menjadi bentuk yang lebih stabil. Dekomposisi dapat berlangsung sangat cepat, dari beberapa hari pada dekomposisi mekanis yang sangat terkendali sampai dengan beberapa bulan, bahkan hampir satu tahun pada kondisi rata – rata lubang jamban.

Pada umumnya kondisi yang terjadi pada dekomposisi tinja tidak menguntungkan bagi kehidupan organisme patogen, bukan hanya karena temperatur dan kandungan airnya yang menghambat pertumbuhan organisme patogen itu, melainkan kompetisi antara flora bakteri dan protozoa, yang bersifat predator dan merusak. Patogen cenderung cepat mati apabila produk akhir dekomposisi yang berbentuk seperti humus itu di hamoarkan diluar dan mengering. Bakteri patogen tidak dapat hidup lebih lama dari dua bulan pada isi lubang jamban yang dibiarkan begitu saja.

Hasil akhir proses dekomposisi mengandung nutrien tanah yang bermanfaat dan dapat memberikan keuntungan bila digunakan sebagai pupuk penyubur tanaman (*fertilizer*). Kadang – kadang petani mengeluh karena sedikitnya kandungan nitrogen pada tinja yang telah mengalami dekomposisi. Tinja segar memang mengandung lebih banyak nitrogen, namun bahan itu tidak

dapat digunakan oleh tanaman pada susunannya yang asli, tanaman hanya dapat menggunakan nitrogen sebagai amonia, nitrit, atau nitrat yang hanya dihasilkan selama dekomposisi tahap lanjutan. Bila tinja segar dihamparkan di atas tanah, kebanyakan nitrogen akan berubah menjadi bahan padat yang menguap ke udara sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

2.10 Pertumbuhan Mikrobiologi

Mikrobiologi tersusun dari 3 kata, yaitu *micro* (kecil, renik), *bios* (hidup) dan *logos* (ilmu, pengetahuan). Jadi mikrobiologi adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari dan menelaah *mikroba* (organisme hidup yang berukuran kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang secara langsung). Mikrobiologi penting sekali dan terkait erat dengan kehidupan manusia, karena mikroba (jasad renik) tersebar merata di seluruh belahan bumi dan ada di mana-mana. Mikroba ada di udara, ada di air, di tanah, lantai, meja, kulit dan dimanapun. Oleh karena itu mikroba memiliki korelasi yang erat dan peranan yang penting dengan kehidupan manusia, yang dapat memberikan pengaruh merugikan maupun menguntungkan. Mikroba memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia, ada yang menguntungkan dan ada yang merugikan.

Diantara peranan mikroba yang merugikan adalah :

- Penyebab penyakit, baik pada manusia, hewan maupun tumbuhan.
- Penyebab kebusukan makanan (*spoilage*).
- Penyebab keracunan makanan (*food borne disease*).



Diantara peranan mikroba yang menguntungkan adalah :

- Agen pembusuk alami, yang akan mendekomposisi sampah-sampah organik menjadi materi inorganik sehingga dapat mengurangi kuantitas sampah, menyuburkan tanah dan dapat menjadi sumber nutrisi bagi tumbuhan.
- Agen pembusuk di dalam saluran pencernaan alami, yang turut membantu mencerna makanan di dalam saluran pencernaan.
- Agen pengikat nitrogen dari udara yang dapat digunakan sebagai bahan nutrisi bagi tumbuhan.

Seiring dengan semakin majunya perkembangan ilmu mikrobiologi, maka penerapan mikrobiologi semakin meluas pada hampir semua bagian bidang.

Diantaranya :

- Pada Industri Pertanian : mikrobiologi berperan penting di dalam mencegah penyakit tanaman, membantu proses penyuburan tanah, dan lain lain.
- Pada Industri Makanan : mikrobiologi berperan di dalam proses pengawetan makanan, fermentasi makanan, dan lain lain.
- Pada Industri Medis/Kesehatan : mikrobiologi sangat berperan penting di dalam antibiotik, antiseptis, kemoterapi, vaksinasi, dan lain sebagainya.

Sebagaimana yang telah disinggung sebelumnya, bahwa mikroba seperti makhluk hidup lainnya memerlukan nutrisi pertumbuhan. Pengetahuan akan nutrisi pertumbuhan ini akan membantu di dalam mengkultivasi, mengisolasi dan mengidentifikasi mikroba. Mikroba memiliki karakteristik dan ciri yang berbeda-beda di dalam persyaratan pertumbuhannya. Ada mikroba yang bisa hidup hanya pada media yang mengandung sulfur dan ada pula yang tidak

mampu hidup dan seterusnya. Karakteristik persyaratan pertumbuhan mikroba inilah yang menyebabkan bermacam-macamnya media penunjang pertumbuhan mikroba.

Klasifikasi media pertumbuhan mikroba terangkum dalam tabel di bawah ini :

Tabel 2.18 Klasifikasi media pertumbuhan microbial

Klasifikasi	Nama/Sebutan	Contoh
Sumber Nutrien	Alamiah	Susu, kaldu
	Buatan/Artifisial	Campuran zat kimia
Keadaan Fisik	Padat-Ireversibel	Serum darah terkoagulasi
	Padat-Reversibel	Agar nutrien
	Setengah padat	Agar lunak
	Cair	Kaldu nutrien
Komponen Kimiawi penyusun	Kompleks (komposisi "unknown")	Agar nutrien
	Kimiawi-Sintetik (komposisi "known")	Amonium sulfat, medium garam, glukosa.
Persyaratan nutrisi bakteri	<i>Enrichment Media</i> (media diperkaya)	Kaldu Infusi Jantung
	<i>Differential media</i> (Media diferensial)	Agar Eosin-biru metilen
	<i>Selected Media</i> (media terpilih)	Agar deoksikolat
	<i>Test Media</i> (media uji)	Media uji Vit B ₁₂

(Sumber : Artikel Muhammad Rachdie Pratama)

Kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan tetap hidup merupakan suatu hal yang penting untuk diketahui. Pengetahuan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba sangat penting di dalam mengendalikan mikroba. Berikut ini faktor-faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba.

1. Suplai Nutrisi

Mikroba sama dengan makhluk hidup lainnya, memerlukan suplai nutrisi sebagai sumber energi dan pertumbuhan selnya. Unsur-unsur dasar tersebut adalah : karbon, nitrogen, hidrogen, oksigen, sulfur, fosfor, zat besi dan sejumlah kecil logam lainnya. Ketiadaan atau kekurangan sumber-sumber

nutrisi ini dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian.

Kondisi tidak bersih dan higienis pada lingkungan adalah kondisi yang menyediakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sehingga mikroba dapat tumbuh berkembang di lingkungan seperti ini. Oleh karena itu, prinsip daripada menciptakan lingkungan bersih dan higienis adalah untuk mengeliminir dan meminimalisir sumber nutrisi bagi mikroba agar pertumbuhannya terkendali.

3. Suhu/Temperatur

Suhu merupakan salah satu faktor penting di dalam mempengaruhi dan pertumbuhan mikroorganisme. Suhu dapat mempengaruhi mikroba dalam dua cara yang berlawanan :

- a. Apabila suhu naik maka kecepatan metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat. Sebaliknya apabila suhu turun, maka kecepatan metabolisme akan menurun dan pertumbuhan diperlambat.
- b. Apabila suhu naik atau turun secara drastis, tingkat pertumbuhan akan terhenti, komponen sel menjadi tidak aktif dan rusak, sehingga sel-sel menjadi mati.

Berdasarkan hal di atas, maka suhu yang berkaitan dengan pertumbuhan mikroorganisme digolongkan menjadi tiga, yaitu :

- a. Suhu minimum yaitu suhu yang apabila berada di bawahnya maka pertumbuhan terhenti.

- b. Suhu optimum yaitu suhu dimana pertumbuhan berlangsung paling cepat dan optimum. (Disebut juga suhu inkubasi)
- c. Suhu maksimum yaitu suhu yang apabila berada di atasnya maka pertumbuhan tidak terjadi. Sehubungan dengan penggolongan suhu di atas, maka mikroba digolongkan menjadi :

Tabel 2.19 Penggolongan bakteri menurut suhu

Kelompok	Suhu Minimum	Suhu Optimum	Suhu Maksimum
Psikrofil	- 15° C.	10° C.	20° C.
Psikrotrof	- 1° C.	25° C.	35° C.
Mesofil	5 – 10° C.	30 – 37° C.	40° C.
Thermofil	40° C.	45 – 55° C.	60 – 80° C.
Thermotrof	15° C.	42 – 46° C.	50° C.

(Sumber : Artikel Muhammad Rachdie Pratama)

Berdasarkan ketahanan panas, mikroba dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu :

- a. Peka terhadap panas, apabila semua sel rusak apabila dipanaskan pada suhu 60°C selama 10-20 menit.
 - b. Tahan terhadap panas, apabila dibutuhkan suhu 100°C selama 10 menit untuk mematikan sel.
 - c. Thermodurik, dimana dibutuhkan suhu lebih dari 60°C selama 10-20 menit tapi kurang dari 100°C selama 10 menit untuk mematikan sel.
3. Keasaman atau kebasaaan (pH)

Setiap organisme memiliki kisaran pH masing-masing dan memiliki pH optimum yang berbeda-beda. Kebanyakan mikroorganisme dapat tumbuh

pada kisaran pH 8,0 – 8,0 dan nilai pH di luar kisaran 2,0 sampai 10,0 biasanya bersifat merusak

4. Ketersediaan Oksigen

Mikroorganisme memiliki karakteristik sendiri-sendiri di dalam kebutuhannya akan oksigen. Mikroorganisme dalam hal ini digolongkan menjadi :

- a. Aerobik : hanya dapat tumbuh apabila ada oksigen bebas.
- b. Anaerob : hanya dapat tumbuh apabila tidak ada oksigen bebas.
- c. Anaerob fakultatif : dapat tumbuh baik dengan atau tanpa oksigen bebas.
- d. Mikroaerofilik : dapat tumbuh apabila ada oksigen dalam jumlah kecil.

Oleh karena itu pengendalian mikroorganisme sangat esensial dan penting di dalam industri dan produksi pangan, obat-obatan, kosmetika dan lainnya. Alasan utama pengendalian organisme adalah :

1. Mencegah penyebaran penyakit dan infeksi.
2. Membasmi mikroorganisme pada inang yang terinfeksi
3. Mencegah pembusukan dan perusakan bahan oleh mikroorganisme.

Mikroorganisme dapat dikendalikan dengan beberapa cara, dapat dengan diminimalisir, dihambat dan dibunuh dengan sarana atau proses fisika atau bahan kimia.

Ada beberapa cara untuk mengendalikan jumlah populasi mikroorganisme, diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Cleaning (kebersihan) dan Sanitasi

Cleaning dan Sanitasi sangat penting di dalam mengurangi jumlah populasi mikroorganisme pada suatu ruang/tempat. Prinsip cleaning dan

sanitasi adalah menciptakan lingkungan yang tidak dapat menyediakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sekaligus membunuh sebagian besar populasi mikroba.

b. Desinfeksi

Adalah proses pengaplikasian bahan kimia (desinfektans) terhadap peralatan, lantai, dinding atau lainnya untuk membunuh sel vegetatif mikrobial. Desinfeksi diaplikasikan pada benda dan hanya berguna untuk membunuh sel vegetatif saja, tidak mampu membunuh spora.

c. Antiseptis

Merupakan aplikasi senyawa kimia yang bersifat antiseptis terhadap tubuh untuk melawan infeksi atau mencegah pertumbuhan mikroorganisme dengan cara menghancurkan atau menghambat aktivitas mikroba.

d. Sterilisasi

Proses menghancurkan semua jenis kehidupan sehingga menjadi steril. Sterilisasi seringkali dilakukan dengan pengaplikasian udara panas. Ada dua metode yang sering digunakan, yaitu :

1. Panas lembab dengan uap jenuh bertekanan. Sangat efektif untuk sterilisasi karena menyediakan suhu jauh di atas titik didih, proses cepat, daya tembus kuat dan kelembaban sangat tinggi sehingga mempermudah koagulasi protein sel-sel mikroba yang menyebabkan sel hancur. Suhu efektifnya adalah 121°C pada tekanan 5 kg/cm^2 dengan waktu standar 15 menit. Alat yang digunakan : *pressure cooker*, autoklaf (*autoclave*) dan retort.

2. Panas kering, biasanya digunakan untuk mensterilisasi alat-alat laboratorium. Suhu efektifnya adalah 160°C selama 2 jam. Alat yang digunakan pada umumnya adalah oven.
5. Pengendalian Mikroba dengan Suhu Panas lainnya
1. *Pasteurisasi* : Proses pembunuhan mikroba patogen dengan suhu terkendali berdasarkan waktu kematian termal bagi tipe patogen yang paling resisten untuk dibasmi. Dalam proses pasteurisasi yang terbunuh hanyalah bakteri patogen dan bakteri penyebab kebusukan namun tidak pada bakteri lainnya. Pasteurisasi biasanya dilakukan untuk susu, rum, anggur dan makanan asam lainnya. Suhu pemanasan adalah 65°C selama 30 menit.
 2. *Tyndalisasi* : Pemanasan yang dilakukan biasanya pada makanan dan minuman kaleng. Tyndalisasi dapat membunuh sel vegetatif sekaligus spora mikroba tanpa merusak zat-zat yang terkandung di dalam makanan dan minuman yang diproses. Suhu pemanasan adalah 65°C selama 30 menit dalam waktu tiga hari berturut-turut.
 3. *Boiling* : Pemanasan dengan cara merebus bahan yang akan disterilkan pada suhu 100°C selama 10-15 menit. Boiling dapat membunuh sel vegetatif bakteri yang patogen maupun non patogen. Namun spora dan beberapa virus masih dapat hidup. Biasanya dilakukan pada alat-alat kedokteran gigi, alat suntik, pipet, dll.

4. *Red heating* : Pemanasan langsung di atas api bunsen *burner* (pembakar spiritus) sampai berpijar merah. Biasanya digunakan untuk mensterilkan alat yang sederhana seperti jarum ose.
5. *Flaming* : Pembakaran langsung alat-alat laboratorium diatas pembakar bunsen dengan alkohol atau spiritus tanpa terjadinya pemijaran.

6. Pengendalian Mikroba dengan Radiasi

Bakteri terutama bentuk sel vegetatifnya dapat terbunuh dengan penyinaran sinar ultraviolet (UV) dan sinar-sinar ionisasi.

- *Sinar UV* : Bakteri yang berada di udara atau yang berada di lapisan permukaan suatu benda yang terpapar sinar UV akan mati.
- *Sinar Ionisasi* : yang termasuk sinar ionisasi adalah sinar X, sinar alfa, sinar beta dan sinar gamma. Sterilisasi dengan sinar ionisasi memerlukan biaya yang besar dan biasanya hanya digunakan pada industri farmasi maupun industri kedokteran.
- *Sinar X* : Daya penetrasi baik namun perlu energi besar.
- *Sinar alfa* : Memiliki sifat bakterisidal tetapi tidak memiliki daya penetrasi.
- *Sinar beta* : Daya penetrasinya sedikit lebih besar daripada sinar X.
- *Sinar gamma* : Kekuatan radiasinya besar dan efektif untuk sterilisasi bahan makanan.

7. Pengendalian Mikroba dengan Filtrasi

Ada dua filter, yaitu filter bakteriologis dan filter udara.

- Filter bakteriologis biasanya digunakan untuk mensterilkan bahan-bahan yang tidak tahan terhadap pemanasan, misalnya larutan gula, serum,

antibiotika, antitoksin, dll. Teknik filtrasi prinsipnya menggunakan penyaringan, dimana yang tersaring hanyalah bakteri saja. Diantara jenis filter bakteri yang umum digunakan adalah : Berkefeld (dari fosil diatomae), Chamberland (dari porselen), Seitz (dari asbes) dan seluosa.

- Filter udara berefisiensi tinggi untuk menyaring udara berisikan partikel (*High Efficiency Particulate Air Filter* atau HEPA) memungkinkan dialirkannya udara bersih ke dalam ruang tertutup dengan sistem aliran udara laminar (*Laminar Air Flow*)

8. Pengendalian Mikroba dengan Bahan Kimia

Saat ini, telah banyak agen kimia yang berpotensi untuk membunuh atau menghambat mikroba. Penelitian dan penemuan senyawa kimia baru terus berkembang. Agen kimia yang baik adalah yang memiliki kemampuan membunuh mikroba secara cepat dengan dosis yang rendah tanpa merusak bahan atau alat yang didisinfeksi.

Pada prinsipnya, cara kerja agen kimia ini digolongkan menjadi :

- a. Agen kimia yang merusak membran sel mikroba.
 - Golongan Surfaktans (*Surface Active Agents*), yaitu golongan anionik, kationik dan nonionik.
 - Golongan fenol.
- b. Agen kimia yang merusak enzim mikroba.
 - Golongan logam berat seperti arsen, perak, merkuri, dll.
 - Golongan oksidator seperti golongan halogen, peroksida hidrogen dan formaldehid.

- c. Agen kimia yang mendenaturasi protein.

Agen kimiawi yang menyebabkan terjadinya koagulasi dan presipitasi protoplasma, seperti alkohol, gliserol dan bahan-bahan asam dan alkalis.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas agen kimia di dalam mengendalikan mikroba, yaitu :

1. Konsentrasi agen kimia yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasinya maka efektivitasnya semakin meningkat.
- b. Waktu kontak. Semakin lama bahan tersebut kontak dengan bahan yang disterilkan maka hasilnya akan semakin baik.
- c. Sifat dan jenis mikroba. Mikroba yang berkapsul dan berspora lebih resisten dibandingkan yang berkapsul dan berspora.
- d. Adanya bahan organik dan ekstra. Adanya bahan-bahan organik dapat menurunkan efektivitas agen kimia.
- e. pH atau derajat keasaman. Efektivitas bahan kimia dapat berubah seiring dengan perubahan pH.

2.10.1 Laju Pertumbuhan Bakteri

Istilah pertumbuhan bakteri lebih mengacu kepada pertambahan jumlah sel bukan mengacu kepada perkembangan individu organisme sel. Bakteri memiliki kemampuan untuk menggandakan diri secara eksponensial dikarenakan sistem reproduksinya adalah pembelahan biner melintang, dimana tidap sel membelah diri menjadi dua sel. Selang waktu yang dibutuhkan sel untuk membelah diri disebut dengan *waktu generasi*. Tiap spesies bakteri memiliki

waktu generasi yang berbeda-beda, seperti *Escherichia coli*, bakteri umum yang dijumpai di saluran pencernaan dan di tempat lain, memiliki waktu generasi 15-20 menit. Hal ini artinya bakteri *E. coli* dalam waktu 15-20 menit mampu menggandakan selnya menjadi dua kali lipat. Misalnya pada suatu tempat terdapat satu sel bakteri *E. coli*, maka ilustrasinya dapat berlangsung sebagai berikut

Tabel 2.20 Contoh Pembelahan biner Bakteri tiap 15 menit

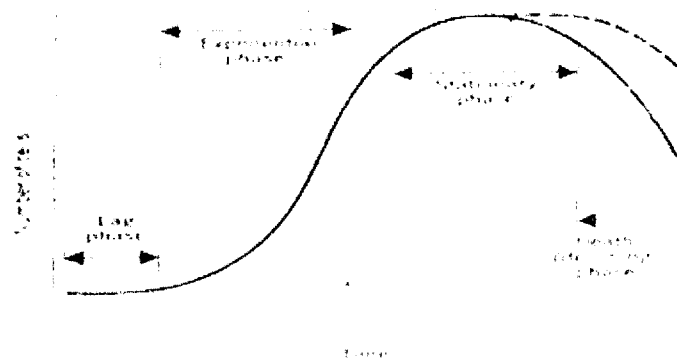
0'	15'	30'	45'	60'	75'	90'	105'	120'	135'
1 sel	2 sel	4 sel	8 sel	16 sel	32 sel	64 sel	128 sel	256 sel	512 sel
2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	2^8	2^9

(Sumber : Artikel Muhammad Rachdie Pratama)

Hal ini menunjukkan hubungan antara pertambahan sel dengan waktu adalah berbentuk geometrik eksponensial dengan rumus 2^n . Jadi, bakteri *E. coli* dalam waktu 10 jam berkembang dari satu sel menjadi $1,09 \times 10^{12}$ sel atau lebih dari 1 triliun sel.

2.10.2 Kurva Pertumbuhan Bakteri

Apabila satu bakteri tunggal (seperti *E. coli* di atas) diinokulasikan pada suatu medium dan memperbanyak diri dengan laju yang konstan/tetap, maka pada suatu waktu pertumbuhannya akan berhenti dikarenakan sokongan nutrisi pada lingkungan sudah tidak memadai lagi, sehingga akhirnya terjadi kemerosotan jumlah sel akibat banyak sel yang sudah tidak mendapatkan nutrisi lagi. Hingga akhirnya pada titik ekstrim menyebabkan terjadinya kematian total bakteri. Kejadian di atas apabila digambarkan dalam bentuk kurva adalah sebagaimana di bawah.



Gambar 2.5 Grafik pertumbuhan bakteri

Kurva di atas disebut sebagai kurva pertumbuhan bakteri. Ada empat fase pada pertumbuhan bakteri sebagaimana tampak pada kurva, yaitu :

Tabel 2.21 Ciri dan Fase pada Kurva Pertumbuhan

Fase Pertumbuhan	Ciri
<i>Lag</i> (lambat)	Tidak ada pertumbuhan populasi karena sel mengalami perubahan komposisi kimiawi dan ukuran serta bertambahnya substansi intraseluler sehingga siap untuk membelah diri.
<i>Logaritma</i> atau eksponensial	Sel membelah diri dengan laju yang konstan, massa menjadi dua kali lipat, keadaan pertumbuhan seimbang.
<i>Stationary</i> (stasioner/tetap)	Terjadinya penumpukan racun akibat metabolisme sel dan kandungan nutrisi mulai habis, akibatnya terjadi kompetisi nutrisi sehingga beberapa sel mati dan lainnya tetap tumbuh. Jumlah sel menjadi konstan.
<i>Death</i> (kematian)	Sel menjadi mati akibat penumpukan racun dan habisnya nutrisi, menyebabkan jumlah sel yang mati lebih banyak sehingga mengalami penurunan jumlah sel secara eksponensial.

(Sumber : Artikel Muhammad Rachdie Pratama)

Pengetahuan akan kurva pertumbuhan bakteri sangat penting untuk menggambarkan karakteristik pertumbuhan bakteri, sehingga akan mempermudah

di dalam kultivasi (menumbuhkan) bakteri ke dalam suatu media, penyimpanan kultivasi dan penggantian media.

2.11. Hipotesa

Hipotesa yang diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Dengan dosis yang semakin banyak, akan meningkatkan kemampuan *Bio II+* dalam menurunkan kadar TSS dan COD pada tinja didalam *septic tank*.

