

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Sistem Pengolahan Air Buangan Terdesentralisasi (*DEWATS*)

DEWATS didasarkan pada prinsip selektif dan pemeliharaan sederhana serta ekonomis karena bagian yang paling penting dari sistem ini beroperasi tanpa membutuhkan input energi, serta tidak dapat dimatikan dan dihidupkan dengan sengaja. *DEWATS* itu sendiri merupakan satu kumpulan pengolahan yang mana telah ditetapkan secara benar-benar, semenjak dulu hingga sekarang sehubungan dengan toleransi pada fluktuasi laju aliran dan karena dipakai prinsip pengolahan dengan kegunaannya untuk pengawasan dan pemeliharaan dari sifat dan karakteristik air buangan. *DEWATS* menyediakan teknologi dengan biaya terjangkau, karena sebagian besar bahan/ input tersedia *in-situ*. (Ibnu, 2002).

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

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 lokasi perbaikan lokal.

Sistem Pengolahan Air Buangan Terdesentralisasi didasarkan pada 4 (empat) sistem pengolahan yaitu :

1. Sedimentasi dan pengolahan primer pada kolam sedimentasi, septik tank atau *Imhoff tank*.
2. Pengolahan anaerob sekunder pada *fixed bed filters (anaerobic filters)* atau *baffle septic tank*.
3. Pengolahan anaerobik atau aerobik sekunder dan tersier pada *constructed wetland (Subsurface flow filters)*.
4. Pengolahan anaerobik atau aerobik sekunder dan tersier pada kolam

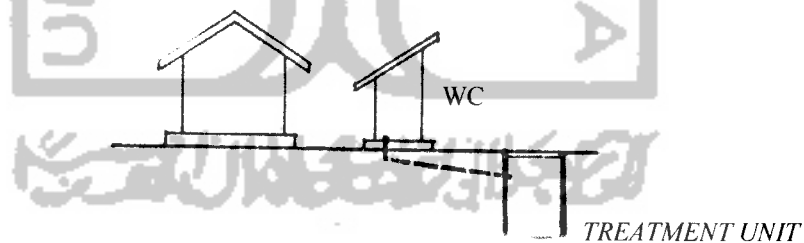
Sistem ini sepakat dikombinasikan pada kualitas dari influent dan effluent air buangan yang dibutuhkan. Sebagian besar sama dalam skala kecil dan sistem pengolahan terdesentralisasi yang cukup besar. Pada dasarnya pada tangki sedimentasi lumpur telah diendapkan dan distabilkan pada *anaerobic digestion*. Materi terlarut dan tersuspensi yang tertinggal di dalam tangki tidak terolah.

3.2 Klasifikasi Sistem Sanitasi

Sistem sanitasi ditentukan oleh skalanya. Ada tiga tingkatan dalam sistem sanitasi yaitu antara lain sanitasi *on-site*, *off-site* dan komunal (*Decentralized Environmental management for Yogyakarta, 2004*).

a. Sanitasi individu skala kecil

Pilihan pengumpulan di tempat, perawatan dan pengolahan limbah berada pada lokasi sumber limbah. Pembuangan pada umumnya terdiri dari perkolasi sedikit cairan ke dalam tanah dan penurunan secara berkala terhadap akumulasi lumpur. Sebagai solusi yang lebih murah diterapkan sistem sanitasi setempat yang dapat digunakan untuk daerah dengan kepadatan penduduk rendah (dibawah 150 cap/ha) dan dapat juga diadopsi untuk daerah dengan kepadatan penduduk sedang (150–300 cap/ha), asalkan di daerah tersebut terdapat lahan untuk penyerapan air tanah.

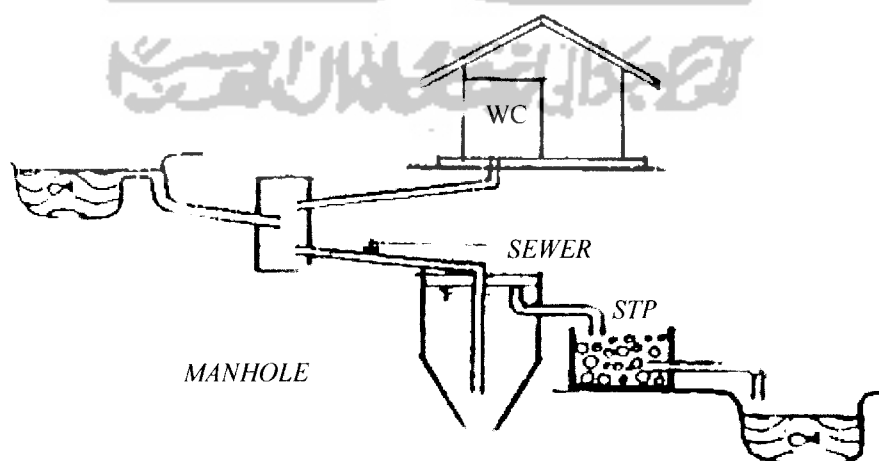


Gambar 3.1 Sanitasi *On site*
(Sumber: YUDP Jogjakarta, 2005)

b. Sanitasi secara terpusat (*off-site*)

Air limbah dikumpulkan bersama-sama melalui sistem *sewer* kota dan pengolahan limbah secara *off-site* biasanya direncanakan berlokasi di

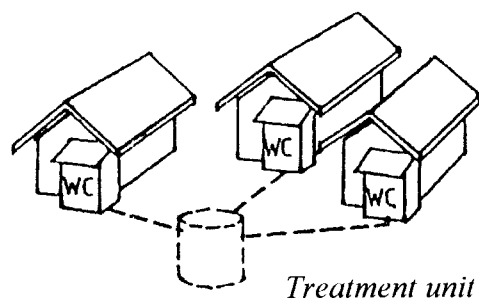
pinggiran kota. Sistem penyaluran air limbah dapat dilakukan dengan sistem gravitasi atau juga dapat dilakukan dengan tekanan pompa, tetapi diperlukan biaya yang tinggi untuk operasional dan perawatan pompa. Beberapa faktor yang mendukung untuk dilakukannya pengolahan limbah secara *off-site* adalah lebih mudah dalam pemeliharaan pengolahan dengan efisiensi pengolahan yang tinggi dan effluen dari pengolahan lebih mudah untuk dibuang pada saluran air permukaan daripada dibiarkan tersaring secara alami oleh tanah. Tetapi kelemahan utama sistem *off-site* adalah memerlukan biaya yang tinggi untuk operator, operasi dan pemeliharaan. Jika mampu, pelayanan dilakukan untuk daerah dengan kepadatan penduduk diatas 500 cap/ha. Pengolahan *off-site* konvensional biasanya meliputi pengolahan primer (untuk menurunkan material padat), pengolahan sekunder (pengolahan secara biologis untuk menurunkan bahan organik), dan pengolahan lumpur.



Gambar 3.2 Sanitasi Terpusat
(Sumber: YUDP Jogjakarta, 2005)

c. Sanitasi secara komunal

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. Efluen dari instalasi pengolahan dapat disalurkan menuju sumur resapan atau juga dapat langsung dibuang ke badan air. Fasilitas sistem komunal dibangun untuk melayani kelompok rumah tangga atau MCK umum. Bangunan pengolahan air limbah diterapkan di perkampungan dimana tidak ada lahan lagi untuk membangun sanitasi secara individu. Sistem komunal ini kurang dapat berjalan dengan lancar di perkampungan karena kebanyakan dari penduduk atau rumah tangga kurang memperhatikan perawatan dari sistem yang ada.

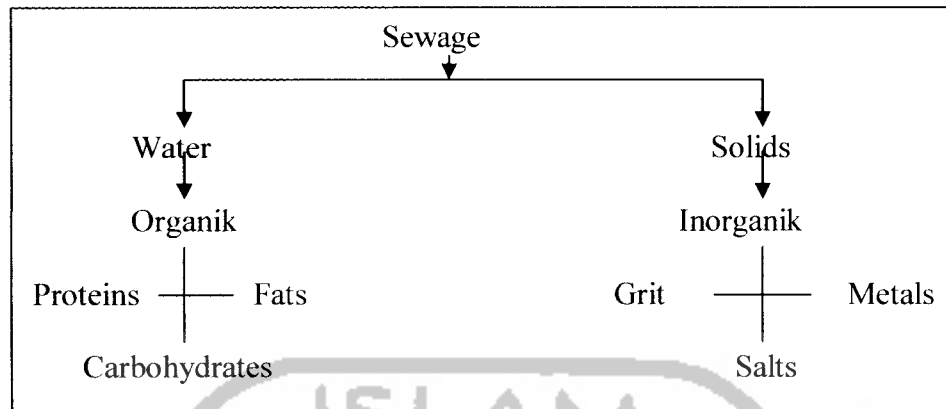


Gambar 3.3 Sanitasi Komunal
(Sumber: YUDP Jogjakarta, 2005)

3.3 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 3.4 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.

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.	Mematikan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan.
3.	Warna	Sisa bahan organik dari daun dan tanaman.	Umumnya tidak berbahaya, tetapi berpengaruh terhadap kualitas air.
4.	Bau	Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik.	Mengurangi estetika.
5.	Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion.	
6.	Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat.

(Sumber : Sugiharto, 1987)

- Sifat Kimia

Pengaruh kandungan bahan kimia yang ada di dalam air buangan domestik dapat merugikan lingkungan melalui beberapa cara. Bahan-

bahan terlarut dapat menghasilkan DO atau oksigen terlarut dan dapat juga menyebabkan timbulnya bau (*Odor*). Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau ini, sebabnya ialah struktur protein sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai menjadi bahan kimia lain oleh proses dekomposisi (Sugiharto, 1987).

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.

- 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.

3.4 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

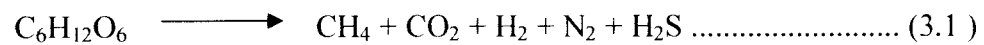
Proses pengolahan biologis adalah proses pengolahan yang melibatkan mikroorganisme sebagai alat untuk menurunkan kadar air buangan. Untuk proses pengolahan biologis dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

- 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 :



mikroorganisme

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 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. Tahap ini merupakan langkah akhir dalam proses degradasi anaerobik. Bakteri pada tahap ini sangat sensitif dibandingkan dengan bakteri lainnya dalam sistem operasi anaerobik.

Tabel 3.2 Jenis-jenis genus bakteri metana

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

(Sumber : Ibnu, 2002)

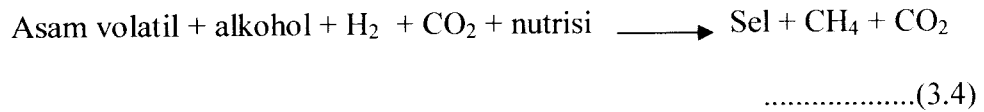
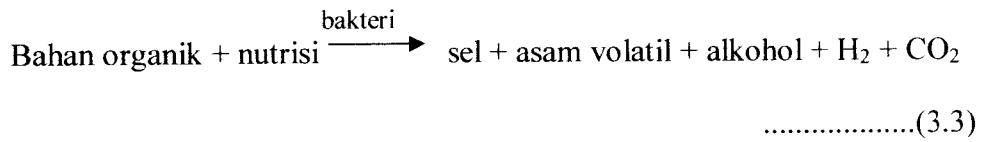
Keempat jenis bakteri tersebut mampu mengoksidasi hidrogen dengan menggunakan CO₂ sebagai akseptor elektron. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



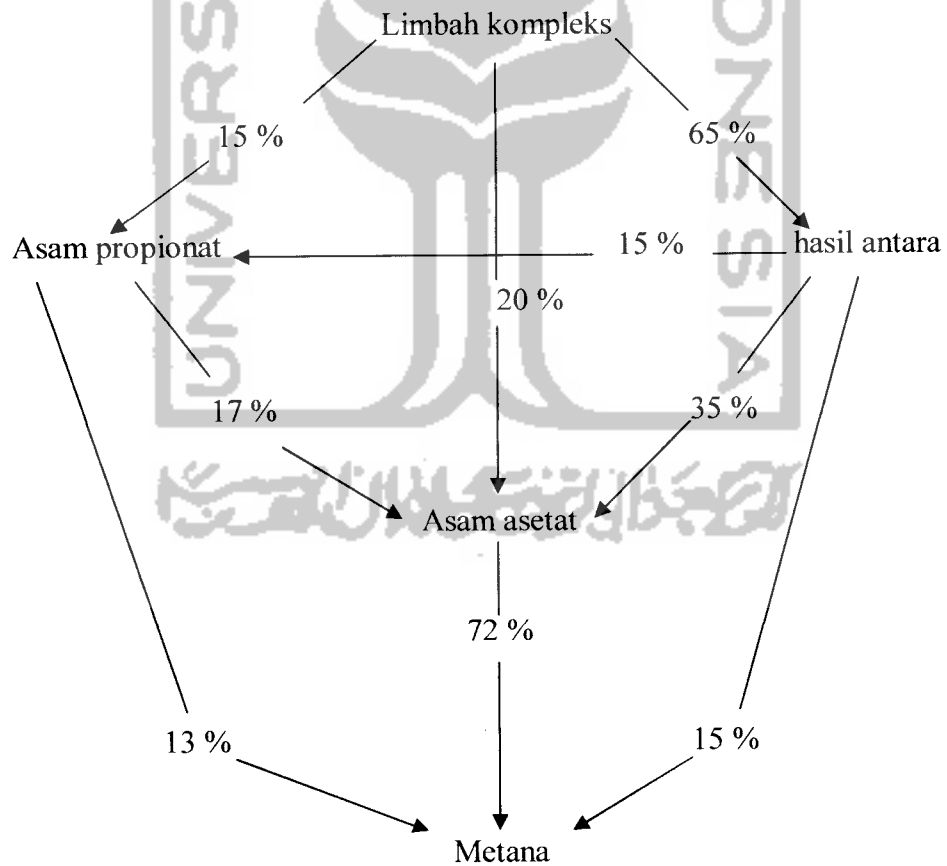
Reaksi diatas akan menghasilkan energi sedangkan unsur karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tidak dihasilkan. Kebutuhan karbon dan CO₂ tersebut diperoleh dari substrat atau hasil produksi dari proses oksidasi bahan organik.

Proses fermentasi metana pada air limbah dapat menghasilkan komponen organik yang sangat beragam yang dapat dioksidasi oleh bakteri, karena bakteri 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) :

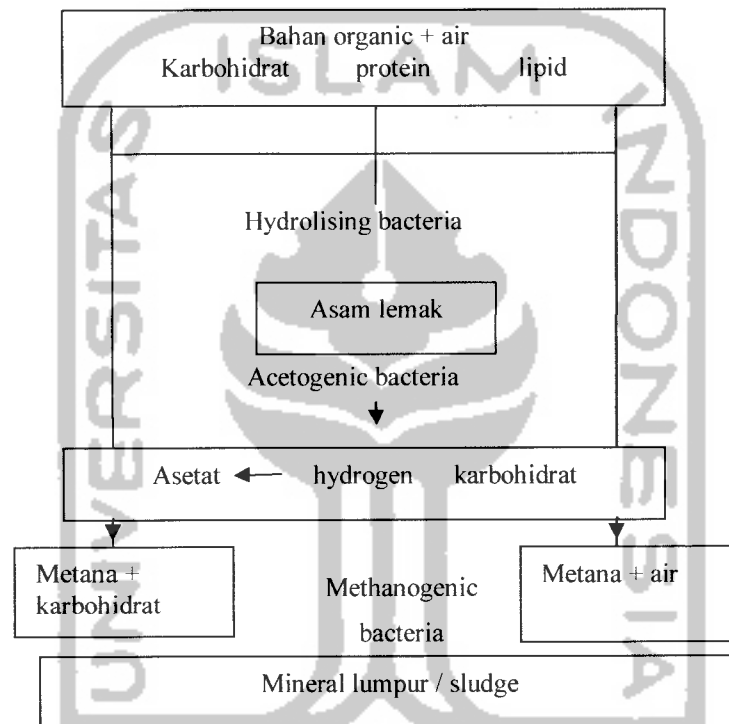


Sebagai *substrat* untuk pembentukan metana dapat juga digunakan asam propionat, asam asetat dan komponen lainnya dengan proporsi dan peruraian seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3.5 *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.



Gambar 3.6 Prinsip proses anaerobik yang disederhanakan (Ibnu, 2002)

Laju fermentasi pada sistem anaerobik lazimnya selalu lebih rendah dibandingkan dengan sistem aerobik. Hal ini disebabkan karena kesetimbangan antara *substrat* dan produk sulit dipertahankan, yakni CO_2 yang terbentuk yang akan mempengaruhi laju fermentasi tidak dapat keluar dari sistem sehingga terakumulasi dan meningkat, terutama bila laju pembentukan metana lambat. Contoh lainnya adalah sulitnya mengatur

laju pembentukan metana yang sebanding dengan laju fermentasi asam. 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 3.3 Hasil produk pemecahan komponen anaerobik dan aerobik

Kondisi aerobik	Kondisi anaerobik
C \longrightarrow CO ₂	C \longrightarrow CH ₄
N \longrightarrow NH ₃ + HNO ₃	N \longrightarrow NH ₃ + amin
S \longrightarrow H ₂ SO ₄	S \longrightarrow H ₂ S
P \longrightarrow H ₃ PO ₄	P \longrightarrow 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 H_2S berbau busuk. Oleh karena itu perubahan badan air dari kondisi aerobik menjadi anaerobik tidak dikehendaki.

Beberapa alasan yang dapat dipakai untuk penggunaan proses anaerobik dalam pengolahan limbah antara lain adalah kegunaan dari produk akhirnya, stabilisasi dari komponen organik dan memberikan karakteristik tertentu pada daya ikat air produk yang menyebabkan produk dapat dikeringkan dengan mudah.

Tabel 3.4 Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses anaerobik

NO.	Komponen	Keterangan
1.	pH	pH yang optimal untuk berlangsungnya proses anaerobik berkisar antara 6,5-7,5. Pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada pertama fermentasi. Apabila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi pH (pH turun).
2.	Suhu	Suhu yang optimum untuk proses fermentasi metan adalah sekitar $37^{\circ}C$ – $40^{\circ}C$. Bakteri-bakteri anaerobik yang bersifat mesofilik biasanya dapat tumbuh pada suhu $20^{\circ}C$ – $45^{\circ}C$, pada suhu diatas $40^{\circ}C$ 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)

3.5. Bahan Organik Dalam Air Buangan

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

3.5.1 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 3.5 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)

3.5.2 TSS (*Total Suspended Solid*)

Zat padat tersuspensi atau *Suspended Solid* adalah sejumlah berat dalam miligram penyaringan dengan membran berukuran 0,045 mikron.

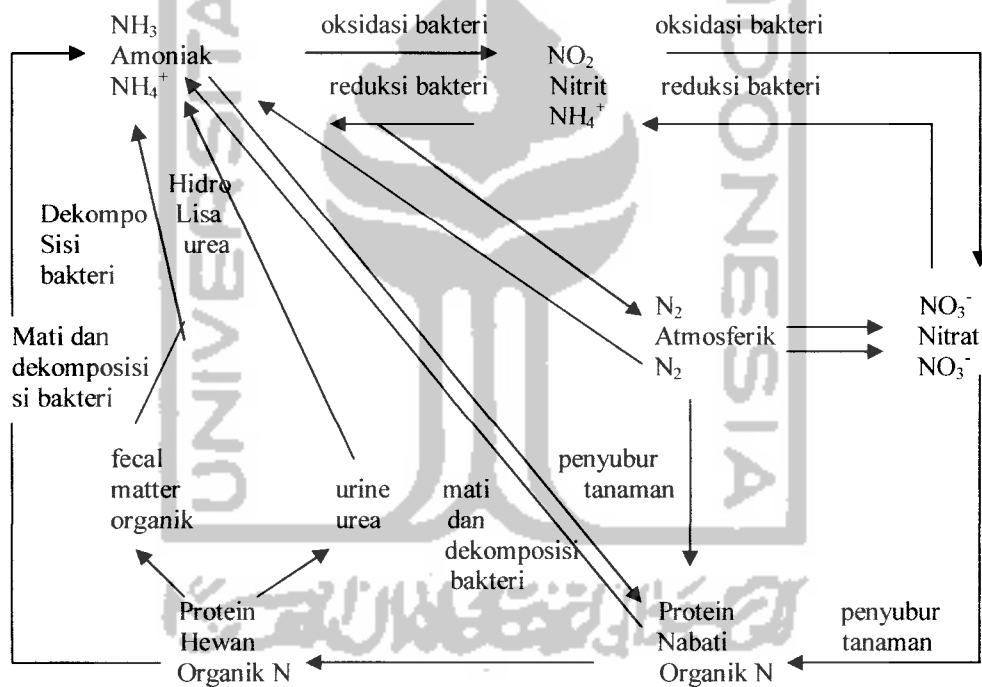
Dimana filter membran tersebut mengandung bahan tersuspensi yang dikeringkan pada suhu 105 °C selama 2 jam (Sumestri, 1987).

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).

3.5.3 Amoniak (NH₃)

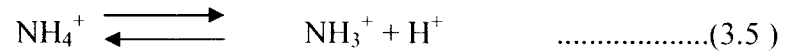
Amoniak merupakan hasil dekomposisi dalam bentuk bebas sebagai NH₃ maupun dalam bentuk ion amonium (NH₄⁺) masuk ke lingkungan kita dan makhluk yang mati diikuti dekomposisi bakteri dari protein hewani maupun nabati, dekomposisi dari kotoran binatang dan manusia dan reduksi nitrit ke amoniak, seperti terlihat dalam gambar 3.7. (Tchobanoglous dan Burton, 1983).



Gambar 3.7 Skema siklus nitrogen (Tchobanoglous dan Burton, 1983).

Amoniak merupakan nitrogen yang menjadi NH₄⁺ pada pH rendah dan disebut Amonium. Amoniak sendiri berada dalam keadaan tereduksi

(-3). Keseimbangan ion NH_4^+ dengan gas amoniak di dalam air, dinyatakan sebagai berikut :

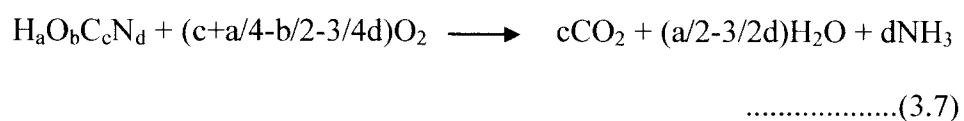


Amoniak dapat larut dengan cepat di air. Gas amoniak bereaksi dengan air membentuk amonium hidroksida dengan melepaskan panas yang tinggi. Perubahan amonium menjadi amoniak dan ion hidroksida berlangsung dengan cepat dan cenderung menaikkan pH larutan (limbah). Reaksi bolak-balik dari perubahan tersebut, yaitu :



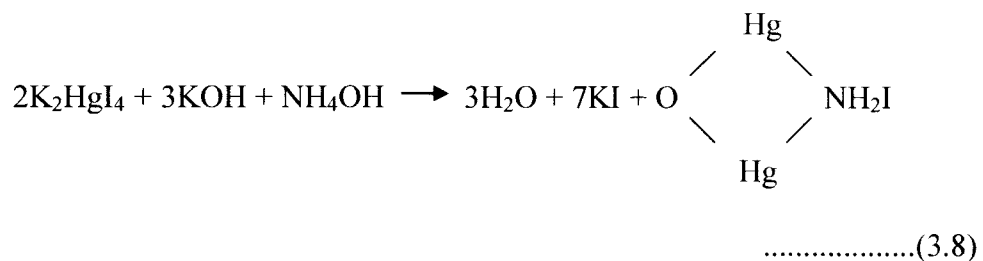
Perbandingan ion amonium dengan molekul amoniak hidroksida adalah merupakan fungsi pH. Dalam pH 7 amoniak lebih banyak berbentuk ion amonium. (Tchobanoglous dan Burton, 1983).

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



3.5.3.1 Sifat-sifat Amoniak

1. Amoniak adalah suatu zat kimia yang tidak menunjukkan adanya warna, ini merupakan suatu karakteristik. Dan jika diberi cahaya kemampuan warna akan sedikit nampak berupa gas yang terlarut dalam air, tetapi gas yang tercampur mempunyai ikatan lebih dari 16 berupa amoniak (Tchobanoglous, 1979).
2. Merupakan gas yang tidak berwarna dan berbau busuk. Disimpan dalam keadaan cair pada tekanan 10 (sepuluh) atmosfer, titik leleh - 77°C dan titik didih -33°C (Perdana Ginting, 1992).
3. Bila terkena api, gas ini mudah meledak dan gas amoniak menyala pada suhu 629°C (Perdana Ginting, 1992)
4. Bersifat basa karena dapat membirukan lakmus merah.
5. Amoniak apabila dilarutkan dalam air akan membentuk Amonium hidroksida pada derajat asam ± 7 (Tchobanoglous, 1979).
6. Amoniak dalam keadaan basa apabila ditambah reagen nessler (suatu larutan K_2HgI_4 yang alkalis) akan terbentuk warna coklat kuning (Sri Sumentri, 1987), kalau terdapat banyak amoniak akan terjadi endapan coklat (Hendardji, 1953). Dengan reaksi seperti berikut :



3.5.3.2 Sumber Amoniak

Amoniak dalam air permukaan dapat berasal dari

1. Air seni (*urine*)

Kandungan amoniak dalam air seni sebesar 27,40 mg/l (Hari, Tome, 2005)

2. Tinja (*feces*)

Kandungan amoniak dalam tinja sebesar 3,84 mg/l (Hari, Tome, 2005).

3. Oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air alam.

4. Dipengaruhi oleh bentuk teroksidasi dan tereduksi unsur-senyawa dalam wetlands pada potensial Redoks Transformasi.

3.5.3.3 Pengaruh Amoniak terhadap lingkungan

Dalam suatu perairan air limbah yang berupa bahan organik memerlukan oksigen (O_2) untuk menguraikan bahan organik tersebut dengan bantuan bakteri. Polutan semacam ini berasal dari berbagai sumber seperti kotoran hewan maupun manusia, tanaman-tanaman yang mati atau sampah organik dan sebagainya. (Fardiaz, 1992).

Jika masukan bahan organik kedalam perairan terus berlangsung dalam waktu yang lama, oksigen terlarut (DO) akan terus berkurang sampai bakteri anaerob dapat hidup menggantikan bakteri aerob. Bakteri ini melanjutkan proses penguraian tetapi dengan hasil yang berlainan,

yaitu gas-gas yang berbau busuk, berbahaya bagi kesehatan dan berupa gas yang mudah menyala, seperti gas hidrogen sulfida (H_2S) yang berbau seperti telur busuk, metana (CH_4) atau gas rawa, fosin (PH_4) yang baunya amis dan amoniak (NH_3). (Prodjosantoso, 1991).

Adanya amoniak dalam air buangan akan mempunyai akibat-akibat buruk terhadap lingkungan. Eutrofikasi terjadi pada suatu badan air yang sebagai akibat terlalu banyak bahan makanan yang masuk kedalam perairan. Apabila perairan cukup nutrisi, maka tumbuhan air mudah berkembang biak, misal eceng gondok dan ganggang. Kadang-kadang suatu perairan tertutup sama sekali dengan tumbuhan, seolah-olah bukan perairan lagi, atau nampak berselimut hijau oleh ganggang. (Prawiro, 1988).

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

Pengaruh buruk Amoniak terhadap lingkungan dalam konsentrasi 50 ppm yang tanpa menggunakan proteksi akan menyebabkan iritasi pada mata dan menyebabkan gangguan pada membran pernafasan (Mantell, 1974).

Dalam konsentrasi yang rendah yaitu 0,037 mg/l menimbulkan bau yang menyengat dan mengurangi estetika (Ariens, 1978).

Hal lain dengan adanya amoniak dalam air buangan yang langsung dibuang dalam badan air akan menimbulkan atau terjadi pertumbuhan tumbuhan air, yang kemudian akan menutupi permukaan air, sehingga transmisi sinar matahari terhalangi dan proses fotosintesis tidak dapat berjalan yang diakibatkan berkurangnya oksigen terlarut sehingga akan mematikan kehidupan air (Slamet Riyadi, 1984).

Adapun dampak amoniak didalam air dan lingkungan antara lain :

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

3.6 Septik Tank

3.6.1 Sejarah Septik Tank

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

Penggunaan septik tank sebagai pengolahan primer pada limbah domestik pertama kali dimulai di Amerika Serikat pada tahun 1880. tetapi

yang lebih mengherankan lagi septik tank itu sendiri dikenal sejak 60 tahun yang lalu atau menjadi sebuah tempat aktivitas masyarakat yang mana didalamnya terdapat pemisahan dari efluen di bawah permukaan tanah. (Kreissl, 2003). Pada tahun 1950 mulai dikenalkan kelompok perumahan yang statusnya dibawah tren dari kota yang berkembang sangat luas mendekati dari pengertian dari *sewer* itu sendiri.

Septik tank adalah tangki yang tertutup rapat untuk menampung aliran limbah yang melewatinya sehingga kandungan bahan padat dapat dipisahkan, diendapkan atau diuraikan oleh aktivitas bakteriologis didalam tangki. Fungsinya bukan untuk memurnikan air limbah tetapi untuk mencegah bau dan menghancurkan kandungan bahan padat. (Salvato, 1992).

Septik tank mempunyai beberapa fungsi diantaranya:

1. Sedimentasi

Fungsi yang paling pokok dari septik tank adalah kemampuannya mereduksi kandungan bahan padat terlarut (SS) pada limbah cair domestik.

2. Penyimpanan

Septik tank diharapkan menampung akumulasi endapan.

3. Penguraian

Penguraian lumpur oleh bakteri secara anaerobik merupakan akses dari lama waktu penyimpanan endapan dalam tangki. Bakteri akan menghasilkan oksigen yang akan terlarut jika ia mengurai bahan

organik yang terkandung didalam limbah. Bakteri ini juga akan mengurai bahan organik kompleks dan mereduksinya menjadi selulosa dan menghasilkan gas meliputi H_2 , CO_2 , NH_3 , H_2S dan CH_4 .

4. Menahan laju aliran

Septik tank akan mereduksi terjadinya beban aliran puncak.

Selama limbah di tahan dalam septik tank maka benda-benda padat akan mengendap di dasar tangki, dimana benda-benda tersebut dirombak secara anaerobik. Lapisan tipis yang terbentuk di permukaan akan membantu memelihara kondisi anaerobik. Keluaran dari septik tank, dari sudut pandang kesehatan masyarakat sama bahayanya dengan air limbah segar sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang (Mara, 1978).

Waktu tinggal limbah pada septik tank berukuran besar tidak boleh kurang dari 12 jam. Detensi selama 24 hingga 72 jam direkomendasikan untuk septik tank berukuran besar. (Salvato, 1992).

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

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

(Sumber : Seabloom, 1982).

Tabel 3.7 Perbandingan efluen pada septik tank antara satu kompartemen dan dua kompartemen

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

(Sumber : Boyer and Rock, 1992).

Tabel 3.8 Komposisi tipikal air limbah domestik yang tidak terolah

kontaminan	unit	konsentrasi		
		minimum	medium	Maksimum
TSS	mg/L	120	210	400
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total as N)	mg/L	20	40	70

(Sumber : Metchalf & Eddy, 1991)

Tabel 3.9 Perbandingan karakteristik dari air limbah tercampur dengan sumber lain

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

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

Septik tank adalah ruang kedap berkamar tunggal atau lebih yang berfungsi untuk pengolahan tunggal atau awal terutama dalam sistem pengolahan air buangan skala kecil dan setempat (Mouras Automatic



Scavenger, 1860) dan kemudian mempelajari proses yang terjadi dan memberi nama "*Septic Tank*" (Donal Cameron, 1895)

Setik 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

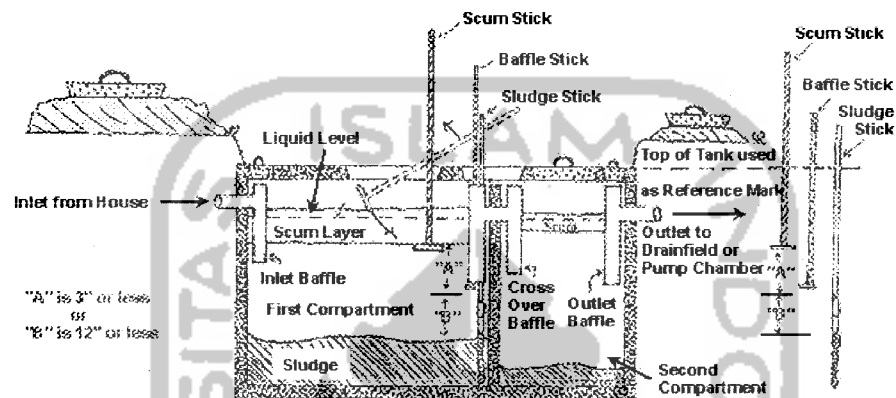
dan keberadaannya di lingkungan telah tercampur dengan *urine*, air penggelontor serta air buangan lainnya yang tercampur. (Anonim, 1979).

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 3.8 Skema Septik tank

(Sumber: [www. Google.com](http://www.Google.com) :copy of checking a septic tank files)

Tabel 3.10 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 terkurangi unsur padatannya 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 	<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>supernatan</i> yang seterusnya menjadi effluent untuk dibuang ke alam atau diresapkan ke dalam tanah.

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.	
---	--

(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 3.11 Kriteria desain septik tank

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

(Sumber : YUDP Yogyakarta, 1996).

Waktu Detensi yang terjadi di dalam septik tank itu sendiri terbagi dua yaitu waktu detensi air dan waktu detensi lumpur. Pada umumnya efisiensi lumpur yang mengendap mencapai 70 %, hal ini tergantung dari waktu detensi, jarak antara inlet dan outlet. Lumpur yang segar akan

mengendap dalam ruang lumpur dan selanjutnya terjadi proses mineralisasi, dimana lumpur segar yang terdiri dari zat-zat organik diuraikan oleh bakteri aerobik menjadi mineral. Lama proses pembusukan antara 60–100 hari.

Proses pengolahan pada septik tank adalah sedimentasi dan stabilisasi lumpur lewat proses anaerobik. Untuk jenis limbah yang diolah pada septik tank adalah limbah yang mengandung padatan terendapkan, khususnya limbah domestik. Untuk rasio SS/COD adalah : 0,35 hingga 0,45

Table 3.12 Karakteristik efluen dari septik tank konvensional

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

(Sumber : Metchalf & Eddy, 2003)

Tabel 3.13 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 :

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

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

Tabel 3.14 Baku mutu air limbah domestik

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

(Sumber : KepMenLH 112/2003)

Tabel 3.15 Karakteristik efluen septik tank

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

(Sumber : EPA, 2002)

**Tabel 3.16 Case Study : Efluen septik tank dan kualitas air tanah
(efluen dari sumur resapan)**

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

(Sumber : Anderson, 1994)

3.6.2 Perhitungan Efisiensi dari Parameter Kualitas Air Buangan (η)

$$(\eta) = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100 \% \quad (3.9)$$

Dimana :

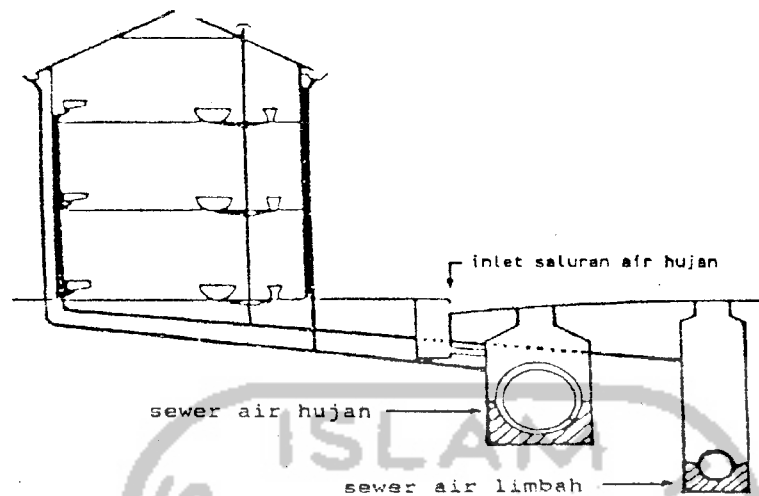
X_1 : Konsentrasi awal (mg/l)

X_2 : Konsentrasi akhir (mg/l)

3.7 Sistem Penanganan Air Buangan Secara *Off Site*

3.7.1 Sistem Terpisah (*Separated sewer system*)

Air limbah dari kamar mandi, jamban, cucian dan dapur dibuang melalui sambungan pipa ke *sewer*. Sistem ini merupakan sistem terpisah antara saluran air buangan dan air hujan (anonim, 2001). Aplikasinya terlihat pada *gravity separated sewer* dan *shallow sewer*.



Gambar 3.9 Sistem Terpisah

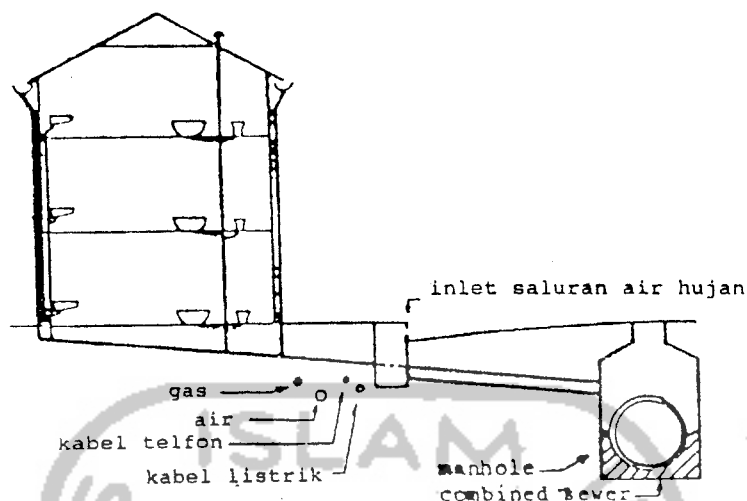
Tabel 3.17 Keuntungan dan kerugian dari sistem terpisah

NO.	keuntungan	kerugian
1.	Dimensi tidak terlalu besar	Biaya awal cukup besar
2.	Hemat biaya pemompaan	
3.	Pengaliran tidak terpengaruh fluktuasi debit	
4.	Tidak ada <i>back flow</i>	

(Sumber : anonim, 2001)

3.7.2 Sistem Kombinasi (*Combined sewer System*)

Air hujan dan air limbah disalurkan melalui satu pipa ke suatu tempat atau ke instalasi pengolah (Askinin, 1993). Selama terjadi hujan, bila aliran tersebut melampaui batas tertentu, air limbah encer dibuang atau dilimpaskan melalui saluran pelimpas langsung ke badan air atau sungai. Dalam hal ini diameter pipa akan ditentukan berdasarkan aliran maksimum air hujan, yang kemungkinannya terjadi sekali dalam beberapa tahun.



Gambar 3.10 Sistem Tercampur

Tabel 3.18 Keuntungan dan kerugian dari sistem kombinasi

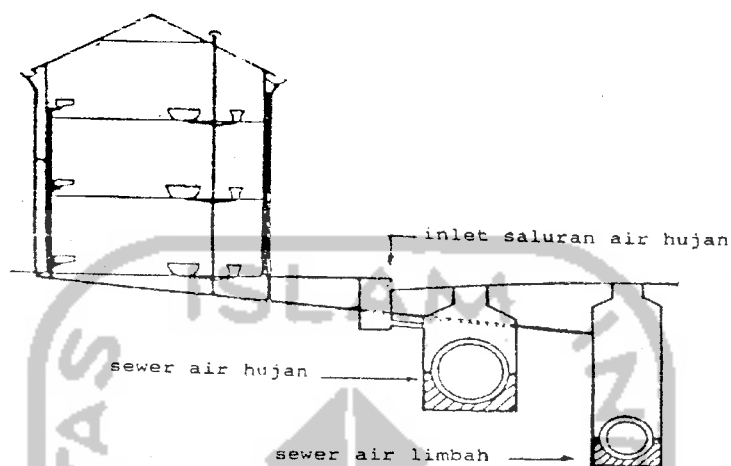
No	Keuntungan	Kerugian
1.	Biaya investasi tidak terlalu besar	Membutuhkan bangunan pelengkap tambahan
2.	Terjadi pengenceran bahan organik	

(Sumber : anonim, 2001)

3.7.3 Sistem Terpisah Sebagian / Sistem Pipa Gravitasi (*Pseudo Separate Sewer*)

Sistem ini digunakan untuk mengumpulkan air limbah dan air hujan melalui satu pipa (sistem tercampur) atau dengan sistem terpisah dan terisi sebagian (Askinin, 1993). Kemiringan pipa harus cukup untuk mendapatkan kecepatan *self-cleansing* untuk mengangkut sedimen. Bila pipa mengalir penuh ataupun setengah penuh kecepatannya harus 0,6 – 0,7

m/detik (Askinin,1993). Keuntungannya adalah adanya efek penggelontoran dan pengenceran.



Gambar 3.11 Sistem Terpisah Sebagian (Parsial)

3.7.4 *Vacuum Sewer*

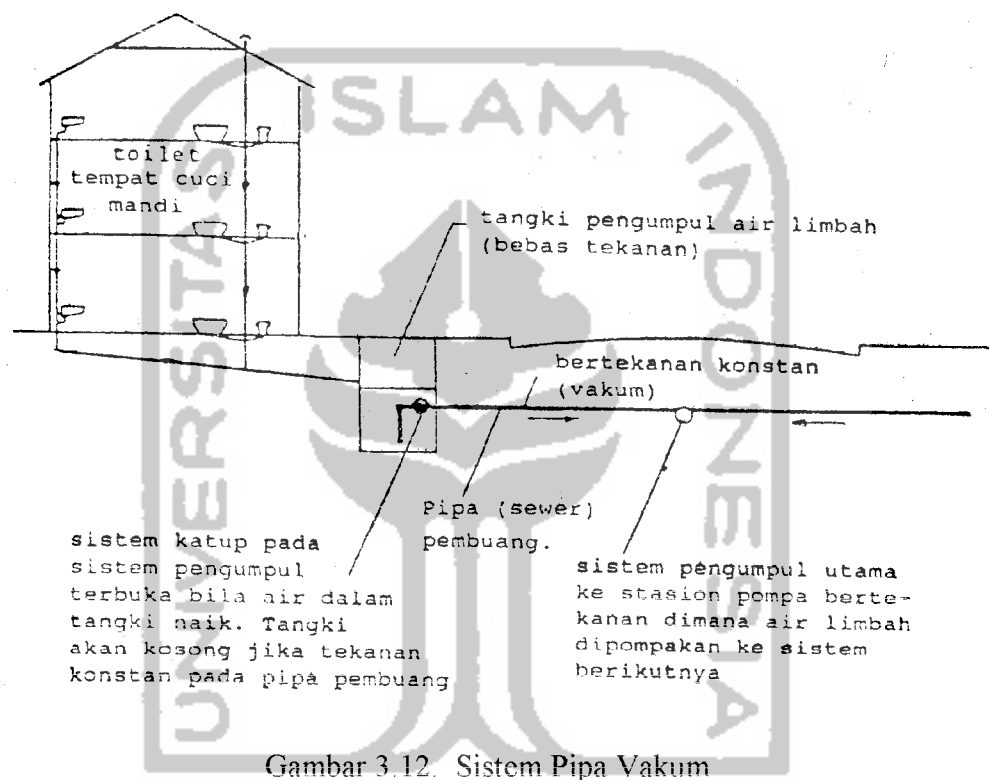
Vacuum sewer adalah sistem pengaliran air buangan yang memanfaatkan pompa vacuum. (Anonim, 2001). Penerapan sistem ini terlihat di negara Swedia, AS Jamban, tempat cuci dan lain sebagainya dihubungkan langsung dengan tangki pengumpul air limbah yang berada diluar rumah. Tangki tersebut dihubungkan dengan sistem pipa pengumpul bertekanan. Komponen-komponen dari sistem ini antara lain seperti *House connection*, *Holding tank/septik tank*, *vacuum valve*, stasiun pompa vakum.

Tabel 3.19 Keuntungan, kerugian dan kriteria desain sistem vakum sewer

No.	Keuntungan	kerugian	Kriteria desain
1.	Mengurangi	Membutuhkan alat	Diameter pipa (PVC):

	kemungkinan tersumbat	tambahan (vakum valve)	10–25 cm
2.	Dapat diletakan pada kedalaman yang rendah		Slope 0,2 %

(Sumber : anonim, 2001)



3.7.5 Sistem Pipa Bertekanan / Sistem Non-Gravitasi (*Pressure Sewer*)

Pressure sewer adalah sistem penyaluran air buangan dimana air buangan terlebih dahulu dikumpulkan pada septik tank dan kemudian secara periodik dipompa ke saluran air buangan. (Anonim, 2001). Penerapan sistem ini terlihat di daerah dengan kondisi tanah tandus, daerah dengan muka air tanah tinggi ataupun daerah yang lebih rendah daripada jaringan

pipa air buangan. Komponen-komponen dari sistem ini antara lain seperti *House connection, holding tank/septik tank, grinder pump.*

Sistem ini berfungsi hanya untuk mengumpulkan air limbah yang sepenuhnya bertekanan. Air limbah dari sambungan dikumpulkan dalam *manhole* pada sisi rumah, dipompa kedalam pipa bertekanan (*site is pumped up into the pressure system*) Dalam hal ini kemiringan pipa tidak diperlukan.

Tabel 3.20 Perbedaan karakteristik khusus beberapa macam pipa

Bentuk penampang melintang	Keuntungan	kerugian	keterangan
Bulat	<ul style="list-style-type: none"> - Baik secara hidrolis - Dibuat dipabrik (batas diameter dalam 3000 mm) - Perhitungan strukturnya sederhana 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk keadaan geologis tertentu perlu lapisan bedding khusus - Banyak sambungan, menambah infiltrasi air tanah 	Sangat banyak dipakai
Persegi	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah merubah bentuknya bila lapisan penutup dan lebar galian terbatas - Pekerjaan konstruksinya sederhana dan ekonomis - Perhitungan strukturnya sederhana - Secara hidrolis baik bila aliran tidak penuh 	<ul style="list-style-type: none"> - Sangat tidak stabil terhadap beban atas bila besi tulangnya berkarat - Bila dicetak ditempat menambah waktu pekerjaan, percepatan penyelesaian pekerjaan dapat dilakukan pencetakan bagian atas secara terpisah dipabrik dan bagian bawah ditempat. 	Umumnya, ketinggiannya lebih kecil dari lebarnya.
Ladam	<ul style="list-style-type: none"> - Ekonomis 	<ul style="list-style-type: none"> - Pelaksanaan 	- Umumnya bagian

kuda	- Baik secara hidrolis	konstruksi memakan waktu yang lama	atas melengkung.
Bulat telur	- Dibandingkan dengan bentuk yang lain untuk kondisi kemiringan dan debit yang sama debit untuk bentuk bulat telur mempunyai kecepatan lebih tinggi dan kedalaman yang lebih besar. Sehingga bahan padat dapat dialirkan dengan mudah. - Dibandingkan dengan bentuk lain untuk kondisi debit dan kecepatan yang sama dapat dibuat pada kemiringan yang landai.	- Pembuatannya dipabrik tidak semudah bentuk yang lain. - Sulit pelaksanaan konstruksinya	

(Sumber: Askinin, 1993).

Tabel 3.21 Keuntungan dan kerugian dari *pressure sewer system*

No.	Keuntungan	kerugian
1.	Mengurangi kebutuhan pompa di jaringan <i>sewer</i> utama	Tiap rumah membutuhkan pompa dan alat tambahan (misalnya <i>valve</i>)
2.	Diameter pipa lebih kecil	Membutuhkan biaya Operasi dan maintenance tambahan.
3.	Mempermudah pengolahan air buangan (beban hidrolis lebih merata)	
4.	Slope pipa lebih mendatar, dapat diletakan dikedalaman yang dangkal, mengikuti kontur	

(Sumber: Askinin, 1993).

Tabel 3.22 Kriteria desain dari *pressure sewer system*

No.	Pressure sewer	Kriteria desain
1.	Diameter pipa (PVC)	5 – 15 cm
2.	Kedalaman pipa	75 cm
3.	Pompa (<i>grinder pump</i>)	1 – 2 hp

(Sumber: Askinin, 1993).

3.8 Alternative Sistem Penyaluran Air Buangan

3.8.1 Aplikasi Teknologi Sanitasi

Meskipun pembuangan tinja dan air limbah non tinja secara setempat (*on-site*) di Negara berkembang lebih murah daripada sistem terpusat (*off-site*), namun ada hal-hal / keadaan tertentu, dimana kondisi tanah (*permeabilitas* tanah yang rendah, tanah bebatuan), tidak memungkinkan untuk diterapkan. Dalam keadaan seperti ini maka pembuangan air limbah dengan sistem terpusat mutlak diperlukan dan penentuan pilihan teknologi ini harus di evaluasi dari segi teknis, ekonomi dan pendanaan.

Teknologi pilihan yang tersedia adalah :

a. Sistem Tong Dengan Kereta Pengangkut

Sistem ini memerlukan tingkat kemampuan organisasi yang tinggi dari instansi pengelola (Kotamadya) yang bertanggung jawab terhadap operasi pelaksanaannya. Peralatan untuk pengosongan tong sampah (*vacum tanker*) harus sudah tiba dilokasi tong yang berdekatan dengan waktu frekuensi pengosongan yang telah dipilih (2 sampai 4 minggu), kalau tidak maka sistem ini akan mengalami

kerusakan. Di negara berkembang institusi yang memiliki tingkat kemampuan sedemikian tinggi sering tidak ada, sehingga sistem ini praktis tidak layak diterapkan.

b. *Conventional Sewerage*

Sistem ini sangat mahal dan tidak mungkin diterapkan pada masyarakat dengan tingkat penghasilan yang rendah. Tujuan dari pembangunan sistem ini adalah untuk mengalirkan air buangan dari sumber domestik / institusional / komersial yang mengandung material-material seperti *solid* dan *liquid* ketempat pengolahan air buangan secara *off site* (Askinin, 1993)

Tabel 3.23 Metode pengaliran, keuntungan dan kerugian dari sistem konvensional

Metode pengaliran	keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Sistem pengaliran terbuka - Gaya gravitasi - diameter pipa besar (150–200 mm) - Slope pipa besar - Butuh pemompaan - Peletakan pipa dibawah jalan 	<ul style="list-style-type: none"> Desain cukup memadai secara teoritis dan telah banyak diterapkan 	<ul style="list-style-type: none"> - Investasi besar (konstruksi dan material) serta operasi dan pemeliharaannya - Membutuhkan volume air dalam jumlah yang cukup besar untuk dapat mengalirkan <i>solid</i> - Hanya sesuai untuk daerah dengan kepadatan penduduk tinggi

(Sumber : Anonim, 2001)

c. *Small Bore Sewer (Settled sewer atau Solids free Sewerage)*

Sistem ini cocok di Negara berkembang dengan keadaan sebagai berikut :

- Sistem toilet / jamban tuang siram dengan perpipaan
bila efluen dari jamban tuang siram dari air limbah non tinja yang berasal dari rumah tangga tidak dapat dibuang secara *onsite*, maka *small bore sewerage* adalah cara yang paling tepat. Sistem ini dapat dipasang pada sistem yang baru, atau merupakan suatu bagian dari perencanaan kota untuk peningkatan kualitas dalam suatu pemukiman.
- Sistem septik tank dengan pipa
Bila septik tank yang ada gagal berfungsi yang umumnya disebabkan oleh kemampuan tanah untuk menyerap air sudah terbatas karena tingkat pelayanan air bersih yang tinggi serta peningkatan kepadatan penduduk, maka efluen dari septik tank dibuang ke *small bore sewer*.

Hal ini jauh lebih murah daripada menghilangkan septik tank dan membangun jaringan perpipaan konvensional (*conventional sewer network*). Dalam keadaan-keadaan tertentu khususnya untuk daerah yang sangat datar, maka akan sangat ekonomis untuk membangun sistem septik tank dengan perpipaan yang dihubungkan dengan jamban bervolume air rendah (*low volume cistern flush*) didalam suatu area pemukiman yang baru.

d. *Shallow sewer (Simplified sewerage)*

Sistem ini merupakan suatu sistem pembuangan air limbah dengan sistem perpipaan yang cocok untuk diterapkan pada daerah-daerah yang padat serta masyarakat berpenghasilan rendah. Partisipasi masyarakat di dalam pelaksanaan pembangunan cukup tinggi dan biaya operasi dengan

pemeliharaannya cukup rendah (artinya masyarakat dapat membiayai operasi dan pemeliharaannya). Sistem ini tidak memerlukan peralatan canggih untuk pembangunan dan pemeliharaannya, berbeda sekali dengan sistem *sewerage* konvensional. Didalam skema baru *small bore sewerage* sering terlihat keuntungan yang kecil dari segi nilai biaya bila dibandingkan dengan konvensional *sewerage*. Meskipun distribusi biaya antara biaya investasi dan biaya O & M cukup berbeda terhadap konvensional *sewerage* dan *small bore sewer* ini lebih cocok dengan kondisi negara yang sedang berkembang.

Untuk *small bore sewer* biaya investasi adalah lebih rendah, tidak membutuhkan tenaga ahli yang banyak pada tahap konstruksinya serta biaya O & M cukup rendah, bila dibandingkan dengan *conventional sewerage* serta kebutuhan tenaga buruh lokal juga cukup intensif dipakai. Semua biaya-biaya ini dapat disediakan dari anggaran daerah.

Dengan demikian *small bore sewerage* lebih fleksibel dan layak dipakai ditinjau dari seluruh aspek, bila dibandingkan dengan *conventional sewerage*. Hanya saja sistem ini memerlukan evaluasi untuk setiap tahap penanganannya.

3.8.2 *Small Bore Sewer (Settled sewer atau Solids free Sewerage)*

Sistem *small bore sewer* adalah sistem penyaluran air buangan yang hanya mengalirkan fase *liquid* dari air buangan, sedangkan fase *solid*

(*grit* atau *grease*) dibuang secara periodik dengan sistem lain misalnya dengan truk. (Askinin, 1993).

Sistem *small bore sewer* dirancang untuk menampung air limbah yang berasal dari rumah tangga untuk diolah secara terpusat dan kemudian dibuang keperairan (sungai, danau). Pasir, kerikil, minyak dan benda-benda padat lainnya yang menyebabkan penyumbatan didalam pipa dipisahkan dari aliran air limbah kedalam tangki interseptor yang dipasang dibagian atau dari setiap sambungan pipa. Penerapan sistem ini terlihat pada negara-negara berkembang seperti Zambia 1960, Nigeria 1965. dan negara maju seperti Australia 1962 dan Amerika 1975. Dimana tidak ada sistem *onsite disposal* atau telah ada sistem pembuangan dengan septik tank atau *aqua privy*.

Tabel 3.24 Keuntungan dari small bore system

No.	keuntungan	Keterangan
1.	Mengurangi konsumsi air untuk mengalirkan padatan	Karena pipa tidak diperlukan untuk membawa benda-benda padat maka tidak diperlukan sejumlah air sebagai alat pengangkut benda-benda padat, dengan demikian tidak sama dengan sistem konvensional pipa biasa.
2.	Mengurangi biaya galian	Dengan sudah tersaringnya benda-benda pengganggu, maka pipa tidak perlu dirancang khusus untuk menerima aliran kecepatan rendah sebagai upaya pembersihan sendiri. Pengurangan biaya dimungkinkan karena sistem ini dapat mengikuti garis-garis topografi alamiah dibandingkan dengan sistem konvensional dan menghindari sumbatan-sumbatan di dalam sistem.

3.	Mengurangi biaya material (20–70 %).	Karena sistem <i>small bore sewer</i> sudah dirancang untuk menerima air limbah tanpa adanya benda-benda padat, maka sistem pompa dan bak kontrol dapat berkurang.
4.	Mengurangi biaya pengolahan	Penyaringan, pemakaian pasir dan pengendapan awal dengan pengolahan secara kolam anaerob tidak diperlukan lagi, karena hal ini sudah terjadi pada tangki <i>interseptor</i> .
5.	Tidak memerlukan slope yang seragam	Mengikuti bentuk topografi
6.	Tangki <i>interseptor</i> maupun septik tank dapat menjadi pengolahan awal	Sedimentasi, <i>anaerobic digestion</i> sampai 80 % <i>removal solid</i>
7.	Mengurangi beban hidrolis	Pada jam-jam puncak

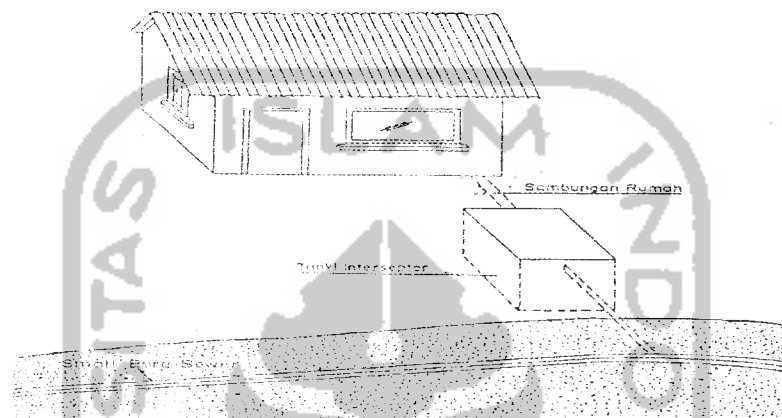
(Sumber : Askinin, 1993).

Salah satu kerugian dari sistem *small bore sewer* adalah keperluan untuk mengangkat dan membuang zat-zat padat (adanya *solid* akan mengganggu sistem) dari setiap tangki *interseptor* secara periodik.

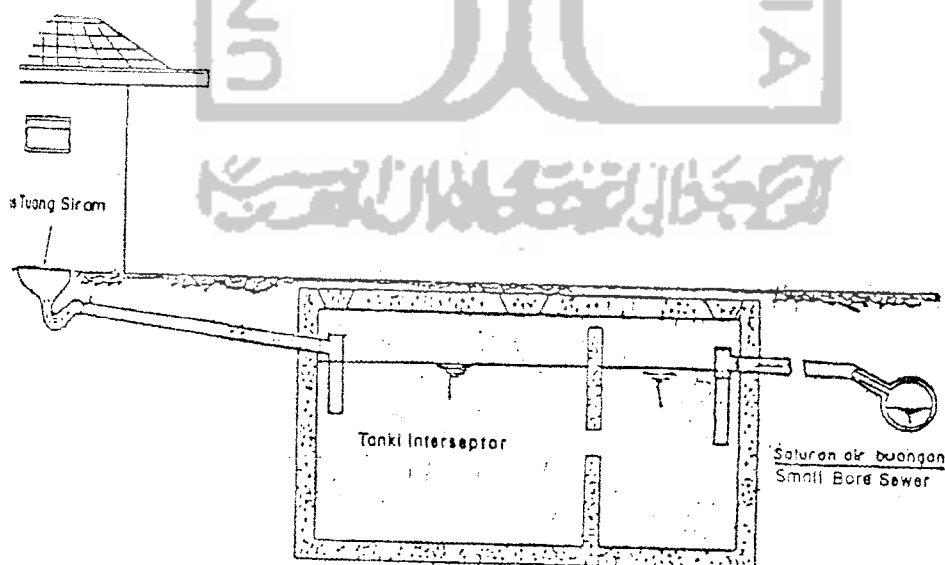
Sistem *small bore sewer* menyajikan suatu fasilitas sanitasi yang ekonomis tingkat pelayanannya dapat diperbandingkan dengan sistem *conventional sewerage*. Hal ini disebabkan biaya konstruksi dan pemeliharaan serta kemampuan berfungsi dengan air, maka *small bore sewer* dapat diterapkan dimana *conventional sewerage* tidak cocok. Dengan demikian *small bore sewer* juga menawarkan kesempatan untuk memperbaiki sanitasi di daerah yang belum tertata rapi.

Hal ini penting perlu diperhatikan dalam penggunaan sistem ini adalah diperlukan suatu organisasi yang kuat, yang mampu mengawasi sistem dengan efektif. Perhatian khusus harus diberikan untuk mencegah

sambungan-sambungan liar terhadap sistem, karena sambungan demikian tidak dilengkapi tangki *interceptor*, sehingga zat-zat padat akan masuk ke pipa yang mengakibatkan kesulitan-kesulitan operasional yang serius.



Gambar 3.13. Skema Sistem *Small Bore Sewer*



Gambar 3.14. *Typical Lay Out Small Bore Sewer*

Tabel 3.25 Komponen-komponen dari sistem *small bore sewer*

No.	Komponen	Keterangan
1.	Sambungan rumah (<i>House Connection</i>)	Sambungan rumah dibuat pada diri jamban ke inlet tangki interseptor, semua air limbah (kecuali sampah-sampah) akan memasuki sistem pada titik ini. Air lanjutan tidak dimasukkan kedalam sistem.
2.	Tangki <i>interseptor</i> (<i>interceptor tank</i>)	Tangki interseptor adalah suatu tangki yang kedap air dan dibenamkan di dalam tanah. Dirancang untuk mampu menerima air limbah untuk 12 sampai 24 jam dan menghilangkan benda-benda terapung dan terbenam dari aliran. Perlu diperhitungkan volume tambahan terhadap zat-zat terapung dan terbenam. Zat-zat ini akan diangkat secara periodik melalui lubang yang tersedia. Normalnya septik tank dapat dipakai sebagai tangki interseptor.
3.	Pipa-pipa	Pipa-pipa terbuat dari pipa-pipa PVC dengan diameter minimum 100 mm yang ditanam dengan kedalaman yang cukup untuk mengumpulkan air limbah dari rumah secara gravitasi tidak seperti pipa konvensional, <i>small bore sewer</i> tidak perlu diletakkan pada suatu kemiringan yang seragam. Tujuan dari perencanaan dan konstruksi dari <i>small bore sewer</i> adalah memanfaatkan energi maksimum yang dihasilkan dari perbedaan elevasi (ketinggian) ujung bagian atas dan ujung bagian bawah dari pipa jaringan.
4.	Bak kontrol (<i>Manhole</i>)	Bak kontrol dan lubang pembersihan merupakan kelengkapan dari sistem jaringan untuk pemeriksaan dan pembersihan. Dalam beberapa hal lubang pembersih lebih disarankan daripada bak kontrol karena biayanya lebih murah dan dapat ditutup lebih rapat untuk mengurangi infiltrasi dan

		pasir-pasir yang mungkin masuk melalui dinding dari bak kontrol. Lagi pula lubang ini mudah disembunyikan untuk mencegah terjadinya perubahan-perubahan.
5.	Pipa pelepas udara (<i>Vent</i>)	Pipa harus dilengkapi dengan pipa pelepas udara untuk mempertahankan kondisi bebas alir. Pipa pelepas udara di dalam rumah tangga harus diplambing dengan baik, kecuali bila kemiringan berkelok-kelok. Didalam kasus ini <i>vent</i> harus dipasang pada titik tertinggi jalur pipa.
6.	Stasiun pompa (<i>Lift station</i>)	diperlukan bilamana perbedaan elevasi tidak memungkinkan terjadinya aliran gravitasi, stasiun pompa ini bisa terpasang dipermukaan ataupun mencakup daerah layanan keseluruhan. Stasiun pompa rumah merupakan stasiun kecil yang memompa air limbah dari tangki <i>interseptor</i> rumah atau daerah pelayanan terbatas (<i>Cluster</i>) ke sistem perpipaan, sedangkan stasiun pompa utama ditempatkan di jalur pipa yang melayani semua sambungan di dalam satu area pelayanan yang luas (<i>drainage basin</i>).

(Sumber : Askinin, 1993).

Seperti sudah dijelaskan diatas, karakteristik paling penting dari *small bore sewer* adalah sistem ini dirancang untuk menangani air limbah domestik. Meskipun istilah “ *small bore sewer* “ sudah diterima secara umum kenyataannya istilah ini memang benar-benar menggunakan pipa-pipa berdiameter kecil, diameter pipa ditentukan berdasarkan perhitungan hidrolika yang tidak dibatasi oleh kondisi-kondisi lainnya dan sistem perpipaan tidak dirancang menurut kaidah-kaidah praktik pipa-pipa

sanitasi. Penggambaran sistem yang lebih tepat adalah “ pipa bebas padatan “ (*solid free sewers*), tetapi istilah yang lebih tepat adalah “ efluen yang disalurkan “(*effluen drains*) seperti sudah meluas dipakai di negara Australia.

Tujuan esensial dari sistem ini adalah untuk memindahkan air limbah (dari tangki *interceptor*) yang tidak dapat lagi diserap secara setempat. Meningkatkan sistem setempat (*onsite system*) seperti jamban tuang siram yang telah mengalami perubahan dalam pemakaian air.

Perumahan dalam kepadatan dan kondisi-kondisi lain yang mempengaruhi terciptanya kesulitan dalam pembuangan air limbah secara setempat (*onsite disposal*)

Tabel 3.26 Kriteria desain (Australia) *Small bore sewer*

No.	Small bore sewer	Kriteria desain
1.	Kecepatan aliran	0,46 m/det (d/D : 0,5)
2.	Diameter pipa	100, 150, 200 mm
3.	Slope	1/150, 1/250, 1/300
4.	Cover	1 meter
5.	Manhole	Intersection, tiap 24,5

(Sumber : Anonim, 2001)

3.8.3 *Shallow Sewer (Simplified sewerage)*

Sistem *shallow sewer* adalah sistem penyaluran air buangan domestik (*solid* maupun *liquid*) dengan menggunakan pipa diameter kecil (100 s/d 200 mm) pada *flat gradien* dan *shallow trenches* (Askinin, 1993). Karena terletak pada kedalaman yang dangkal biasa diletakan dibelakang rumah

atau lokasi yang datar dan bebas dari kesibukan-kesibukan lalu lintas yang padat. Biasanya ditempatkan pada tanah-tanah kosong, baik didaerah yang sudah terbangun dengan perencanaan maupun daerah pemukiman yang belum terencana. Lokasi ini memungkinkan peletakan pipa dengan galian yang dangkal dengan bak kontrol yang kecil sepanjang jalur pipa pada jarak tertentu sehingga meningkatkan kemudahan untuk pemeliharannya. Sistem ini dirancang untuk menerima semua jenis air limbah yakni : *feces*, air pembilas wc, air dari dapur, kamar mandi, bekas aktivitas cucian untuk dialirkan ketempat pengolahan atau pembuangan. *Shallow sewer* dirancang dengan memanfaatkan efek tekanan untuk pengalirannya dan digelontor secara periodik melalui semua sambungan rumah tangga yang ada dalam suatu blok pelayanan. Sistem ini diterapkan pada negara-negara seperti Brazil 1980, Skandinavia, Pakistan.

Operasional tergantung pada besarnya frekuensi air buangan yang melewati sistem dan tidak tergantung pada jumlah air yang digelontorkan. Hal ini dilakukan tidak hanya untuk menjamin operasi yang bebas gangguan, tetapi lebih penting lagi adalah untuk memutus rantai kontaminasi antar rumah. Beberapa rumah (didalam suatu blok) yang disambungkan pada jaringan yang sama dapat dilakukan dengan beberapa pilihan yaitu :

- a. Disatukan dengan jaringan pengangkut utama (*Conventional sewer*)
- b. Disatukan dalam suatu tangki septik komunal dan dengan *small bore sewer* dialirkan ke kolam stabilisasi atau instalasi pengolahan lainnya.

- c. Dibuang langsung ke suatu pengolahan air limbah.

Pilihannya terletak pada spesifikasi lokasinya. Kedalaman galian dari jaringan pipa dapat dipertahankan dengan menempatkannya di jalan yang tidak terlalu besar beban lalu lintasnya misalnya jalan setapak.

Bilamana tidak mungkin menghindari beban kendaraan karena jaringan memotong jalan maka jaringan pipa harus dilindungi dengan lapisan penahan semen.

3.8.3.1 Sistem Operasi

pengoperasian *shallow sewer* yang lancar tergantung pada tingkat keseringan pengaliran air limbah di jaringan pipa. Dengan demikian, daerah dengan kepadatan tinggi membantu untuk kelancaran pengoperasiannya. maka air limbah akan tertahan dibelakangnya yang semakin lama akan semakin menumpuk yang akhirnya mampu mendorong padatan tersebut mengalir.

Tekanan dari belakang ini mudah terbangun bilamana diameter pipa yang terpasang adalah kecil (100-200 mm).

3.8.3.2 Keuntungan dan kerugian sistem *shallow sewer*

Mengumpulkan air limbah dari suatu pemukiman dengan cara di atas mempunyai keuntungan :

- 1) Mengurangi kebutuhan air

Karena *shallow sewer* dirancang untuk pengaliran yang sesering mungkin, maka air limbah dari titik atas membantu membawa padatan-padatan ke bagian bawah, dengan demikian jumlah air yang banyak tidak diperlukan untuk membawa padatan-padatan tersebut. Jadi tidak seperti *conventional sewerage*, *shallow sewer* dapat dipakai tanpa adanya kekhawatiran akan terjadinya kemampatan pada saluran di daerah yang konsumsi air bersihnya rendah.

Sistem ini terbukti berhasil dilaksanakan pada daerah dengan tingkat konsumsi air bersihnya 27 liter/orang/hari.

2) Mengurangi panjangnya jaringan pipa

Karena sambungan rumah yang pendek diperlukan dan jaringan pengumpul hanya perlu di sepanjang jalan, maka total pengurangan panjang jaringan pipa dapat dicapai. Pengurangan ini bisa mencapai sampai 50 % dalam suatu tata letak jaringan yang efisien.

Memperlihatkan penurunan panjang jaringan pipa dalam *shallow sewer* bila dibandingkan dengan *conventional sewer*.

3) Mengurangi biaya galian

Karena kedalaman yang dangkal maka volume galianpun akan berkurang. Dikarenakan penggalian yang tidak terlalu dalam maka sistem ini dapat dipakai pada daerah-daerah padat dan tidak terencana dimana penggalian yang dalam dapat menimbulkan masalah yang serius.

4) Mengurangi biaya material

Pipa berdiameter kecil dipakai dalam *shallow sewer system* agar padatan-padatan dapat mengalir dengan baik. Tambahan lagi *manhole* (bak kontrol) yang dalam dan mahal yang biasanya dipakai dalam konvensional *sewer* dapat diganti dengan bak kontrol yang murah.

Dengan memakai diameter pipa yang kecil ini maka tidak diperlukan lagi peralatan mekanik untuk pembersihan dan pemeliharaan yang mungkin belum tersedia di negara berkembang.

5) Mengurangi peralatan pemeliharaan

Akibat tingkat pengaliran air limbah yang tinggi, maka tidak perlu lagi peralatan pemeliharaan yang mahal. Berbeda dengan peralatan yang dibutuhkan untuk *conventional sewer*.

6) Tingkat sambungan rumah yang tinggi

Dengan tata letak (*lay out*) dan sistem pengoperasian dari *shallow sewer*, maka sambungan rumah (dalam satu blok pemukiman) dan pipa jaringan utama dapat dibangun secara serempak.

Selain dari beberapa keuntungan sistem diatas, sistem ini juga memiliki beberapa kerugian yaitu :

- 1). Waktu pengalirannya lambat
- 2). Kemungkinan tersumbat besar

3.8.3.3 Komponen –Komponen Sistem

Sistem *shallow sewer* terdiri dari beberapa komponen berikut :

- a. Sambungan Rumah (*House Connection*)

Seluruh air limbah akan dikumpulkan ke jaringan pengumpul (*common block sewer line*) melalui bak kontrol. WC yang ada (tuang siram dengan perapat air) dihubungkan melalui pipa PVC atau pipa asbestos semen diameter 75 mm ke bak kontrol. Pipa ventilasi dengan diameter yang sama dapat dipasang pada suatu titik sepanjang pipa antara WC sampai bak kontrol. Bila kebutuhan air cukup besar (lebih besar dari 75 lt/orang/hari), disarankan untuk mengalirkan air melalui suatu saringan penangkap pasir/lemak yang bertindak sebagai pengumpul air limbah dan juga bertindak sebagai peralatan pemeliharaan.

b. Bak Kontrol (*Manhole / IC*)

Bak kontrol dipasang secara teratur di sepanjang pipa pengumpul air limbah. Bak kontrol ini dibuat sebagai tempat sambungan rumah dan pelengkap untuk sarana pemeliharaan. Biasanya satu bak kontrol dilengkapi untuk setiap rumah (atau tergantung rancangan yang ada). Misalnya dua rumah atau lebih bisa dilayani oleh satu bak kontrol. Dimensi dari bak sangat bervariasi dengan kedalaman pipa.

c. Jaringan Pengumpul Air Limbah (*Common blok sewer line*)

Jaringan pipa pengumpul air limbah biasanya adalah pipa dengan diameter kecil (minimum 100 mm) clay atau pipa semen yang dipasang dengan kedalaman tertentu. Sehingga cukup mampu untuk menerima air limbah dari seluruh rumah tangga secara gravitasi dan diletakkan secara seragam. Kedalaman minimum *invert* pipa adalah 0,4 m untuk menghindari kerusakan yang mungkin terjadi, meskipun

kedalaman ini dapat dikurangi bila memungkinkan. Penempatan jaringan pengumpul air limbah ini biasanya disesuaikan dengan tata letak pemukiman. Bagi daerah yang sudah tertata letak pemukimannya, bisa dipakai kontur yang ada. Sebaliknya untuk daerah yang belum tertata biasanya tidak dapat dirancang dengan baik, sehingga terpaksa harus disesuaikan dengan kondisi yang ada. Tujuannya adalah menempatkan jaringan dengan betul sehingga mampu menangkap air limbah dari tempat-tempat yang dilayani. Bak kontrol harus diletakkan pada daerah yang terbuka.

d. Jaringan Utama Pengangkut Air Limbah

Jaringan ini biasanya memakai pipa dengan diameter minimum 150 mm, walaupun mungkin dari perhitungan hidraulik dapat memakai pipa berdiameter 100 mm. Jaringan ditempatkan dengan suatu kedalaman tertentu sehingga dapat diselaraskan dengan lokasi. Bila memungkinkan jaringan ini ditempatkan pada sisi jalan yang jauh dari kepadatan lalu lintas, dengan suatu kedalaman yang dapat menjamin aliran berjalan dan tentunya dapat menampung air limbah dari jaringan pengumpul. Bila kedalaman terhadap invert pipa melebihi 0,8 m maka jaringan dapat ditempatkan tanpa perlindungan di sisi jalan utama yang padat. Bila kedalaman pipa invert kurang dari 0,8 m maka pipa harus dilindungi dengan adukan semen pada tempat tertentu, misalnya memotong jalan raya. Bak kontrol dipasang sepanjang pipa pengangkut dengan interval jarak tidak melebihi 40 meter, tetapi bila

peralatan pembersih secara mekanik tersedia, maka jarak dapat diperpanjang.

c. Stasiun Pompa

Stasiun pompa perlu dipasang bila jaringan pipa terlalu dalam atau bila diperlukan untuk mengangkut air limbah yang sudah terkumpul ke suatu daerah layanan yang berbeda untuk keperluan pengolahan atau pembuangan. Pemakaian stasiun pompa harus dikurangi sejauh mungkin melalui suatu pengurangan kedalaman yang teliti atau dengan mengolah seluruh air limbah dalam suatu daerah pelayanan yang sama. Stasiun pompa diperlukan hanya dalam kasus-kasus penting seperti pipa air limbah tidak dapat lagi mengikuti kemiringan yang ada atau daerah terlalu datar.

f. Instalasi Pengolahan

Dalam suatu keadaan-keadaan tertentu, dapat dimungkinkan membuang air limbah ke suatu jaringan konvensional yang ada sehingga dapat diolah dalam suatu instalasi yang sama. Bila ini tidak mungkin maka kolam stabilisasi dapat dipakai sebagai suatu pilihan di negara berkembang.

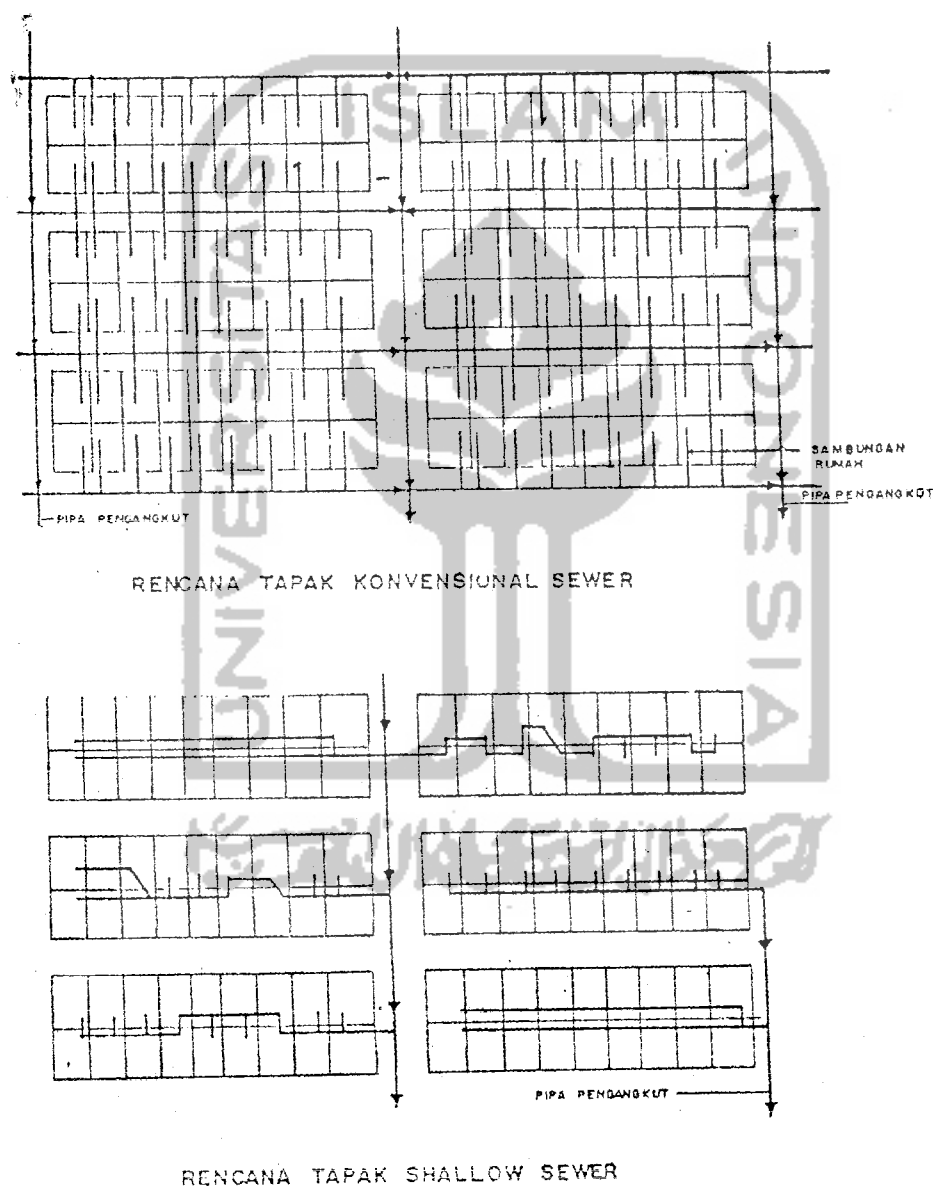
Jika jumlah rumah yang dilayani relatif kecil maka instalasi berupa tangki septik komunal dapat dipakai dengan infiltrasi *effluent*.

Tabel 3.27 Kriteria desain sistem *shallow sewer*

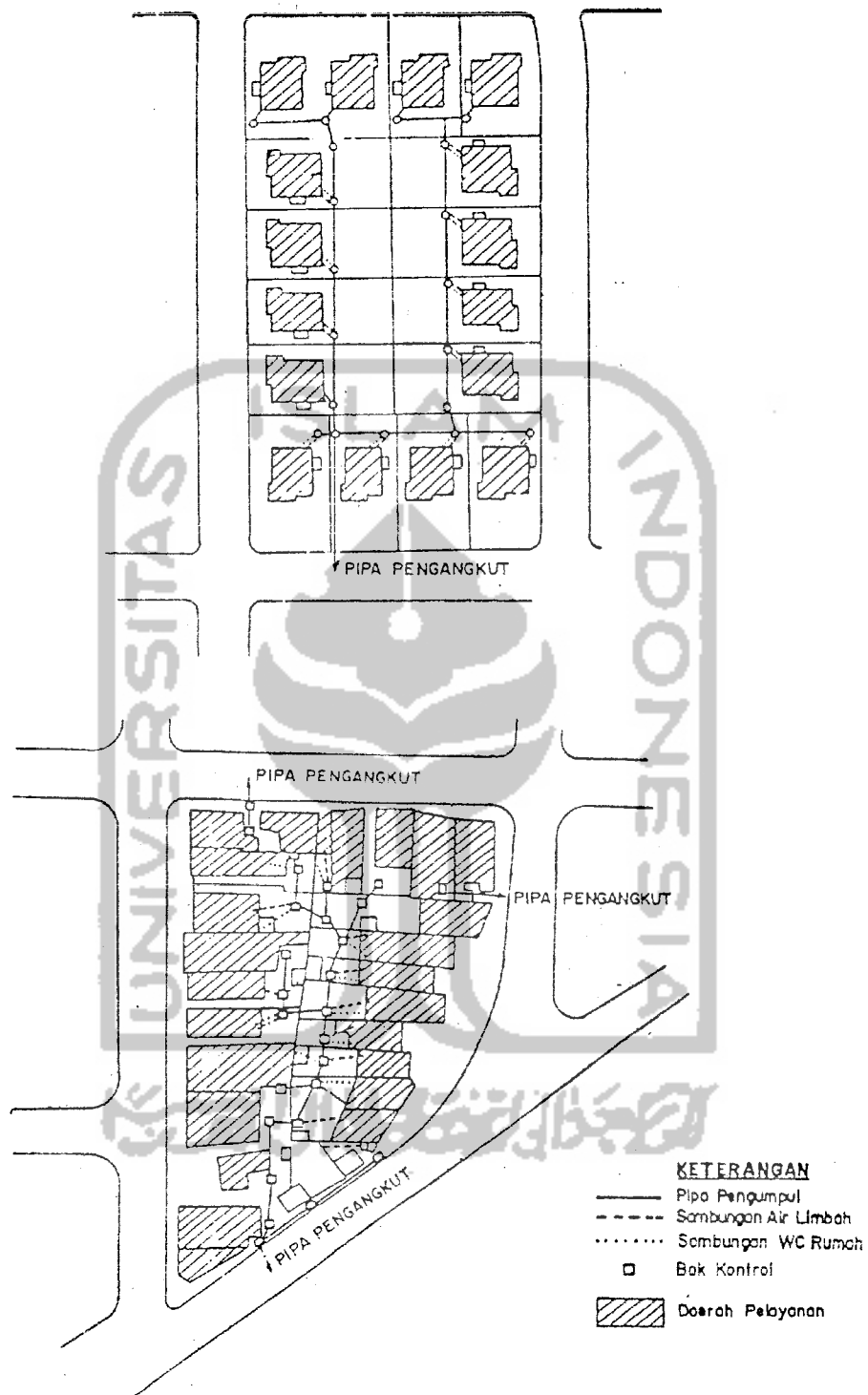
No.	<i>Shallow sewer</i>	Kriteria desain
1.	Kecepatan maksimum	0,5 m/detik

2.	Kedalaman aliran	0,2-0,8 D pipa
3.	Diameter pipa	100 m (PVC) untuk 1000 jiwa dengan debit 80 liter.capita.hari
4.	Slope	1/167 minimum
5.	Kedalaman pipa	0,2-0,3 meter

(Sumber: Anonim, 2001)



Gambar 3.15 Rencana Tapak Skematik *Conventional Sewer* Dan *Shallow Sewer*



Gambar 3.16. Rencana Tapak Jaringan Pengumpul Dan Sambungan Rumah Untuk Daerah Pemukiman Terencana Dan Pemukiman Belum Terencana

3.8.3.4 Kriteria Penanganan

Sistem *shallow sewerage* adalah satu-satunya sistem *offsite* (dalam keadaan tertentu) lebih murah daripada *onsite*. Ada juga kondisi - kondisi tertentu dimana *onsite* sistem tidak layak secara teknis dan dalam kondisi seperti ini suatu bentuk *off site* sistem mutlak diperlukan. *Shallow sewer* biasanya paling ekonomis dari seluruh teknologi pembuangan air limbah secara *offsite* dan merupakan suatu pilihan yang jelas untuk dipertimbangkan.

Seperti dijelaskan di atas sistem ini tepat untuk dipakai pada kondisi di mana *onsite* sistem tidak layak atau terlalu mahal, membuat *shallow sewer* menarik baik secara teknis maupun ekonomis.

Kondisi-kondisi dimaksud adalah :

a). Kepadatan penduduk yang tinggi

Semua pilihan pembuangan limbah setempat memerlukan suatu lahan yang cukup, demikian juga dengan instalasinya. Biasanya tempat untuk ini tersedia di daerah pedesaan dan dengan kepadatan penduduk yang rendah sampai yang sedang di daerah perkotaan.

Namun sejalan dengan kepadatan pemukiman yang meningkat, tempat untuk keperluan itu tidak tersedia dan bilapun tersedia, namun masyarakat berkeberatan karena sistem ini memerlukan penyedotan tinja. Bila teknologi *onsite* sistem *disposal* terbukti tidak layak atau bila kepadatan dari pemukiman menunjukkan bahwa *off site* sistem

terbukti cukup efektif dan dari segi ekonomis, maka *offsite disposal* teknologi harus dievaluasi secara teknis, pendanaan dan ekonominya

b). Kondisi tanah yang tidak memungkinkan

Pembuangan tinja dan air limbah non tinja secara setempat banyak tergantung pada kondisi tanah untuk menyerap seluruh air limbah yang ada. Juga diperlukan penggalian untuk menampung tinja.

Dalam kondisi-kondisi yang tidak memungkinkan seperti sekarang, muka air tanah yang tinggi dan rendahnya *permeabilitas*, maka sistem *onsite* jelas tidak layak. Sistem *shallow sewer* menjadi salah satu pilihan untuk mengatasi hal ini.

c). Konsumsi air bersih yang tinggi

Pembuangan air limbah secara setempat (seperti cubluk, jamban tuang siram) hanya menangani tinja. Air limbah non tinja biasanya dibiarkan meresap ke dalam tanah atau melalui lubang resapan. Bilamana kebutuhan air bersih meningkat maka luas bidang resapanpun meningkat. Jadi untuk daerah dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi maka hal ini sulit dilakukan. Untuk daerah dengan penduduk berpenghasilan yang rendah, biasanya tidak ada sistem sanitasi sehingga air limbah tergenang dimana-mana, menimbulkan berbagai kesulitan seperti bau, sumber penyakit, pemandangan yang tidak baik.

d). Tingkat sosial budaya yang bervariasi

Shallow sewer system dapat dipakai pada tingkat sosial budaya yang beragam. Khususnya bagi masyarakat dengan budaya membersihkan dengan air atau dengan bahan yang lembut.

3.9 Hipotesa

Hipotesa yang diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. IPAL di daerah Purwokinanti, Jogjakarta sudah sesuai dengan Standar Baku mutu air limbah sesuai KepMenLH 112/2003. SK. Gubernur Kepala Daerah Istimewa Jogjakarta Nomor : 214/KPTS/1991.
2. IPAL komunal di RW 01/RT 02 Purwokinanti, Jogjakarta terjadi penurunan kadar COD, TSS dan NH_4^+ yang kemungkinan dipengaruhi oleh HRT (*Hydraulic retention time*) dari air buangan domestik.
3. Kemungkinan penggabungan dari sistem pengolahan air buangan terdesentralisasi (*on-site*) dengan sistem pengolahan air buangan sentralisasi (*off-site*) di daerah Purwokinanti, Jogjakarta