

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Air Buangan

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

Menurut Duncan Mara (1975) dalam “*sewage treatment in hot climate*” mendefinisikan air buangan adalah air buangan dari kegiatan pembersihan rumah tangga (air buangan domestik). Air buangan kemudian disebut sebagai air buangan tercemar secara fisik, kimia, biologis bahkan mungkin radioaktif. Air buangan yang keluar dari sumber air buangan disebut *effluent*, sedang air buangan yang masuk ke tempat pengumpulan disebut *influent*. Air limbah biasanya mengandung unsur-unsur yang hampir sama dengan air bersih yang bersangkutan dan ditambah dengan beberapa impurities lainnya yang berasal dari proses yang menghasilkan limbah tersebut.

Air limbah yang berasal dari daerah permukiman dikumpulkan dan dikelola secara komunal instalasi pengolahan air limbah. Sistem komunal tersebut lebih efisien dibandingkan penanganan individual. Sistem pengolahan air limbah domestik di kota besar secara komunal menangani air limbah yang berasal dari

permukiman. Pengumpulan air limbah dilakukan dengan sistem pengaliran yang menggunakan berbagai macam saluran tertutup atau perpipaan. Cara ini disebut sistem sewerage. Dimana sistem plambing air limbah pelanggan dihubungkan langsung ke sistem *sewerage* yang akan mengalirkan ke instalasi pengolahan.

Air buangan domestik merupakan campuran yang rumit antara bahan organik dan anorganik dalam bentuk, seperti partikel-partikel benda padat besar dan kecil atau sisa-sisa bahan larutan dalam bentuk koloid. Air buangan ini juga mengandung unsur-unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan mikroorganismenya. Untuk mengetahui air buangan domestik secara luas diperlukan pengetahuan yang mendetail tentang komposisi atau kandungan yang ada didalamnya. Adapun karakteristik limbah domestik secara umum dapat dilihat pada tabel 3.1.

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 komunal ditentukan berdasarkan KepMenLH No. 112/2003 (tabel 3.2).

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)

Tabel 3.2 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)

3.2 Upflow Anaerobik Sludge Blanket (UASB)

UASB merupakan salah satu bangunan pengolah air limbah dimana proses dalam UASB ini mempunyai karakteristik lebih sedikit dalam produksi lumpur dan kebutuhan lahan. Lumpur yang dihasilkan dapat digunakan sebagai penyubur tanah. Reaktor UASB memiliki efisiensi pengolahan BOD dan bakteri patogen yang relatif rendah. Effluen hasil pengolahan yang dibuang ke badan air (sungai) tidak akan mengganggu kehidupan perairan dan kegiatan perikanan. Apabila lahan yang tersedia cukup, maka UASB ini dapat dilengkapi dengan kolam stabilisasi untuk mencapai efisiensi pengolahan yang lebih baik dan memungkinkan daur ulang efluen air limbah untuk irigasi atau budidaya air.

Pada prinsipnya reaktor UASB terdiri dari suatu lumpur yang padat yang berbentuk butiran. Lumpur atau *sludge* ditempatkan dalam suatu reaktor yang didesain dengan aliran ke atas. Air limbah akan masuk melalui dasar bak secara merata dan mengalir secara vertikal, sedangkan butiran *sludge* akan tetap berada atau tertahan dalam reaktor. Kecepatan *upflow* harus dipertahankan sedemikian rupa sehingga supaya dapat menciptakan pembentukan *sludge blanket* yang memberikan area yang luas untuk kontak antara *sludge* dan air limbah.

Proses pengolahan dalam UASB ini beroperasi sebagai awal untuk pertumbuhan air limbah yang tersuspensi, butiran *sludge blanket* atau kumpulan endapan ditempatkan di dalam reaktor, sehingga terjadi pergerakan butiran-butiran air limbah yang akan membentuk flok-flok. Pada awalnya reaktor UASB dibihi dengan endapan pengurai (*digester sludge*) dan akhirnya mikroorganisme pengurai akan terbentuk. Setelah beberapa bulan beroperasi, endapan yang

terbentuk sangat kental yang berada pada lapisan paling bawah. Di atas endapan ini merupakan zona pembentuk butiran dengan kecepatan partikel lebih rendah. Reduksi COD terjadi di seluruh zona pembentuk butiran dan ruangan yang ada.

Karakteristik pengendapan butiran sludge dan karakteristik air limbah akan menentukan kecepatan upflow yang harus dipelihara dalam reaktor. Biasanya kecepatan aliran ke atas berada pada rentang 0.5 – 0.3 m/jam. Untuk mencapai *sludge blanket* yang memuaskan, pada saat kondisi hidrolis puncak (debit puncak) kecepatan dapat mencapai 2-6 m/jam.

Gas yang terperangkap dalam butiran sludge sering mendorong sludge tersebut menuju ke bagian atas reaktor, yang disebabkan oleh berkurangnya densitas butiran. Untuk itu diperlukan pemisahan butiran sludge di luar reaktor dan kemudian dikembalikan lagi ke reaktor. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat *gas-solid-liquid separator* tersebut sedangkan sludge dikembalikan lagi ke reaktor.

Problem yang dihadapi pada UASB adalah terutama sludge yang bergerak naik yang disebabkan turunnya densitas sludge. Di samping itu juga turunnya aktivitas spesifik butiran. Beragamnya densitas sludge memberikan ketidakseragaman sludge blanket pada akhirnya sludge akan ikut keluar reaktor.

Tingginya konsentrasi *suspended solid* dan *fatty mineral* dalam air limbah juga merupakan masalah operasi yang serius. *Suspended solid* dapat menyebabkan *clogging*/penyumbatan atau *channeling*. Adsorpsi *suspended solid* pada butiran sludge juga akan mempengaruhi proses. Dan juga air limbah yang mengandung protein atau lemak menyebabkan pembentukan busa.

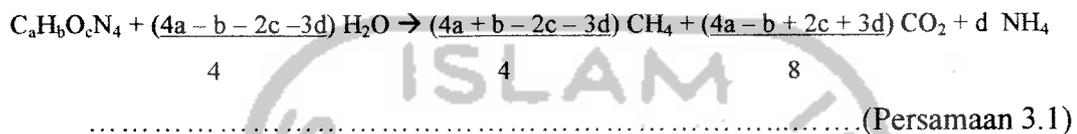
Tabel 3.3. Parameter dan Aplikasi UASB

Parameter Utama	Keuntungan	Aplikasi
<ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi Pengolahan 80-90% (COD) • Beban Organik 10-20 kg • <i>Hydraulic Retention Time</i> 4-24 jam • pH 6-8 • COD Influent 100-100.000 mg/L • Produksi Gas Methane 0.4 m³/kg COD yang disisihkan • Pertumbuhan Sludge 0.5 kg/kg COD yang disisihkan • Stabil terhadap, Peak flow, suhu, dan pH 	<ul style="list-style-type: none"> • Kebutuhan energi rendah • Kebutuhan lahan sedikit • Biogas yang berguna • Kebutuhan nutrisi sedikit • Sludge mudah diolah/dikeringkan • Tidak mengeluarkan bau dan kebisingan • Mempunyai kemampuan terhadap fluktuasi dan <i>intermittent load</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pulp and paper</i> • <i>Alcohol-distilleries</i> • <i>Sugar, yeast, and molasses</i> • Pengolahan makanan dan minuman • Tekstil, cotton • <i>Petrochemicals</i> • <i>Pharmaceuticals</i> • Buangan Domestik

(Sumber : Sunjoto, 2002)

3.2.1 Produksi Gas

Gas yang dihasilkan pada proses anaerobic adalah gas methane dan karbondioksida. Jika substrat dinyatakan sebagai $C_aH_bO_cN_d$ dan diubah menjadi gas secara sempurna, maka reaksi dapat ditulis sebagai berikut:



Contoh perhitungan:

Jika substrat dinyatakan $C_6H_{12}O_6$ maka gas yang dihasilkan dapat dihitung dengan reaksi $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3 CH_4 + 3CO_2$(Persamaan 3.2)
180 gr

1 mol/L \rightarrow 1 mol/L CH_4 dan 1 mol/L CO_2

Pada kondisi standar ($0^\circ C$, 1 atm) maka 1 mol gas = 22.4 L, sehingga:

$$CH_4 = \frac{3 \times 22,4}{180} = 0.373 \text{ L/g} = 0.373 \text{ m}^3 CH_4/\text{Kg glucose}$$

$$CO_2 = 0.373 \text{ M}^3 CO_2/\text{mg glucose}$$

3.2.2 Prinsip Kerja UASB

Prinsip proses pengolahan yang terjadi pada UASB pada garis besarnya adalah sebagai berikut (Sunjoto, 2002):

- Karena gaya gravitasi maka granule yang merupakan kumpulan dari berbagai ragam mikroorganisme cenderung untuk mengendap.

- Agar tidak mengendap hingga terbentuk kondisi yang fluidized dibutuhkan dorongan ke atas dan dorongan tersebut dibuat dengan memasukkan limbah dari bawah konstruksi. Selama pengalirannya akan terjadi kontak antara limbah dengan mikroorganisme tersebut hingga terjadi proses penguraian. Dengan kata lain limbah yang dimasukkan justru merupakan *feeding* (makanan) bagi mikroorganisme hingga tetap hidup, aktif dan berkembang. Proses ini terjadi di Zona yang merupakan kontak antara limbah dengan mikroorganisme yang untuk seterusnya disebut sebagai selimut (*blanket*).
Disisi lain dorongan tersebut tidak boleh terlampaui kuat hingga *granules* akan ikut keluar bersama effluen. Bila hal tersebut terjadi maka proses penguraian tidak akan terjadi.
- Karena itu dibuatkan suatu tempat (area) dimana pemisahan antara granule (*solid*) dengan limbah yang telah diuraikan (*liquid*) dan gas yang terjadi selama proses penguraian. Bagian ini yang lazim disebut sebagai zona separasi.

3.2.3 Beberapa Persyaratan Dalam Penerapan Sistem Ini

Sungguhpun prinsip kerja dari UASB nampak sederhana, terdapat berbagai persyaratan pre treatment yang perlu diperhatikan agar proses berjalan optimal. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- Sampah/debris dan suspended solid

Berbagai ragam sampah suspended solid, pasir, dan lain sebagainya; harus dicegah agar tidak masuk kedalam unit UASB. Hal tersebut dapat dilakukan dengan screen dan pembuatan grit chamber.

- Equalisasi (Pencampuran)

Equalisasi sebelum masuk ke UASB perlu memperoleh perhatian khusus. Hingga kualitas limbah dari suatu industri (yang biasanya dari berbagai unit kerja didalam industri tersebut) yang masuk ke UASB dapat stabil. Dengan kata lain tidak terjadi *quality shock* yang cukup besar.

Dimensi dari *equalization basin* sangat tergantung pada karakteristik dari pembuangan limbah. Bila limbah dikeluarkan secara kontinue dan benar-benar merata selama 24 jam, maka logikanya tidak dibutuhkan *equalization basin* (hanya membutuhkan *mixing chamber* kecil).

Tetapi untuk UASB biar bagaimanapun dianjurkan agar *equalization basin* harus ada. Paling tidak 6-8 jam HRT.

Dalam hal ini selain equalisasi, tujuannya adalah agar di dalam tanki ini terjadi proses awal *asidifikasi* yang dapat membantu memecah *organic compound* yang kompleks menjadi mata rantai carbon yang lebih pendek dan lebih mudah terurai.

- pH perlu dikontrol hingga rangenya berkisar antara 6.5 – 8.5; sedangkan untuk masalah temperatur biasanya tidak menjadi masalah khususnya untuk negara tropis.

- Ketersediaan Nutrien

Lazimnya ditunjukkan dari kandungan N dan P di dalam limbah.

Range yang baik adalah ... ratio COD/N<70 dan COD/P<350.

- Debit aliran masuk harus diatur

Sludge Blanket yang relatif ringan harus dapat menyelimuti limbah yang masuk. Keadaan ini bisa dicapai bila gaya ke atas yang diakibatkan oleh aliran air (atau gaya kinetik aliran) seimbang dengan gaya mengendap pada *granule*.

Maka aliran limbah yang masuk harus diatur secara kontinu (tidak secara *intermittent*). Padahal pada kenyataannya kegiatan membuang limbah tidak teratur atau pada waktu tertentu. Maka *hydraulic load* harus disesuaikan dengan kecepatan uplift dan *organic load*. Dengan kata lain flow rate harus dikontrol, misalnya dengan menggunakan pengatur aliran (misalnya *V notch* atau *dosing*).

Untuk jenis limbah industri tertentu yang mungkin belum anda ketahui karakteristiknya, akan lebih bijaksana bila dilakukan percobaan skala kecil dan lewat proses ini dapat diperoleh beberapa data empiris.

3.2.4 Parameter Design

Beberapa parameter yang lazim digunakan di dalam desain suatu sistem UASB adalah:

1) *Volumetric Organic Load* adalah jumlah COD per hari per satuan volume suatu reactor (kg COD/hari/m³). Range yang sering dipakai antara 5-15 kg COD/hari/m³.

Bila kandungan nutrient cukup memadai (atau ditambahkan) maka angka volumetric organic load yang lebih tinggi dapat diaplikasikan.

2) *Distribusi aliran pada bagian bawah*

Perlu diperhatikan agar terjadi gaya kinetik akibat aliran limbah yang masuk secara merata. Agar merata maka dibutuhkan beberapa inlet (*nozzle* pemasukan).

Pengalaman empiris menunjukkan bahwa dibutuhkan satu nozzle untuk area antara 2-4 m² hingga distribusi aliran merata.

Dianjurkan juga agar setiap inlet nozzle independent dan masing-masing dilengkapi dengan pengatur debit sendiri-sendiri. Hingga kontrol dapat mudah dan bila terjadi *clogging* akan mudah diketahui.

3) *Kecepatan*

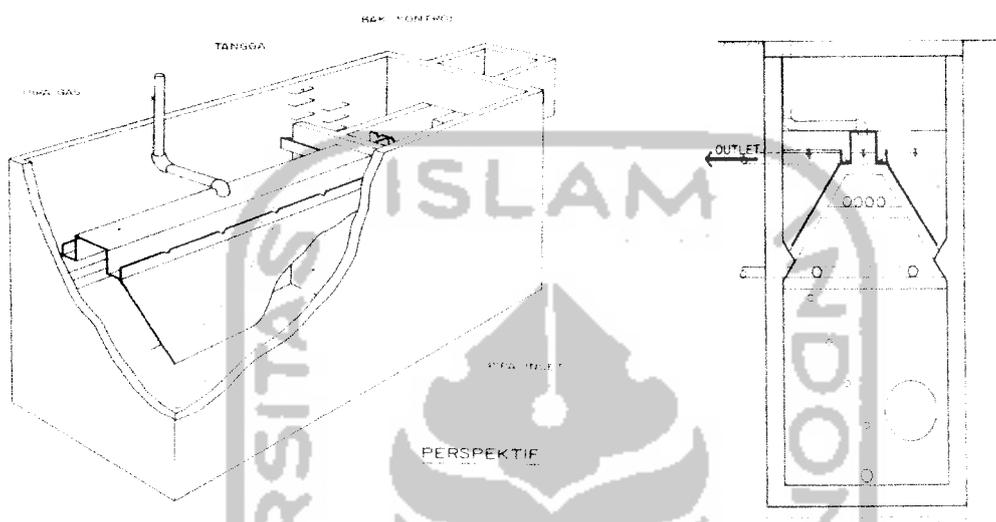
Parameter ini sangat penting untuk menentukan dimensi.

Pada bagian bawah dimana terjadi kontak antara limbah dan granule mikroorganisme, volume aliran maksimum adalah 1 m³/jam/m² (atau 1 m/jam). Bila terlalu cepat maka kontak tersebut kurang intensif dan semuanya berakibat pada menurunnya kinerja.

Pada bagian separasi gas/liquid/solid maksimum adalah 3-5 m³/jam/m² (atau 3-5 m/jam)

Pada bagian *upper part/settling* maksimum 1-3 m³/jam/m² (1-3 m/jam).

Skema dari bangunan UASB dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Skema UASB

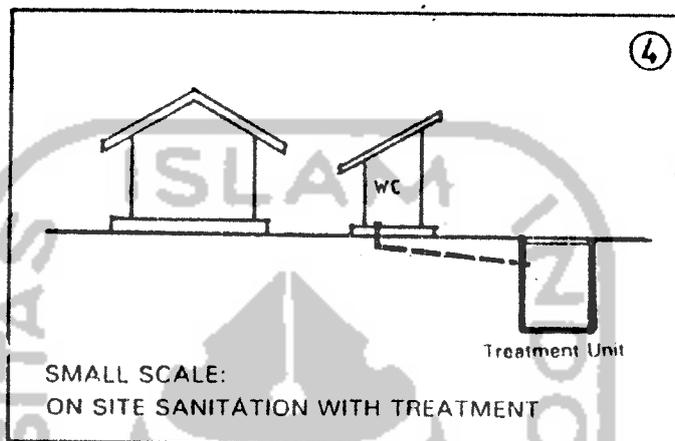
3.3 Klasifikasi Sistem Sanitasi

Sistem sanitasi ditentukan oleh skalanya. Ada tiga tingkatan dalam sistem sanitasi yaitu antara lain sistem setempat, sistem terpusat dan sistem komunal.

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 (< 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.

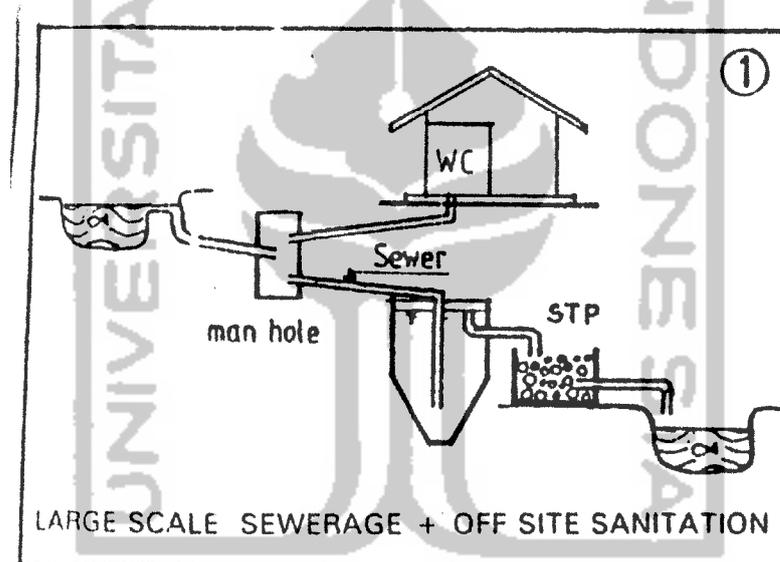


Gambar 3.2 Sanitasi On site

b. Sanitasi secara terpusat

Air limbah dikumpulkan bersama-sama melalui sistem sewer kota dan pengolahan limbah secara terpusat 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 terpusat 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 terpusat adalah memerlukan biaya yang tinggi untuk operator, operasi dan pemeliharaan. Jika mampu, pelayanan secara terpusat dilakukan untuk daerah dengan kepadatan penduduk tinggi (> 500 cap/ha). Pengolahan terpusat secara konvensional biasanya meliputi pengolahan primer (untuk menurunkan material padat), pengolahan sekunder (pengolahan secara biologis untuk menurunkan bahan organik), dan pengolahan lumpur.



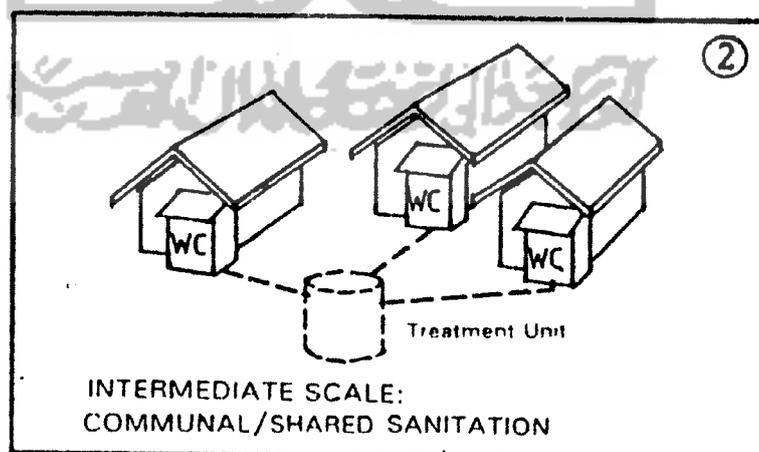
Gambar 3.3 Sanitasi Terpusat

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. Effluent dari instalasi pengolahan dapat disalurkan menuju sumur resapan atau juga dapat langsung dibuang ke badan air (sungai).

Fasilitas sistem komunal dibangun untuk melayani kelompok rumah tangga atau MCK umum. Bangunan pengolah air limbah diterapkan di perkampungan dimana tidak ada lahan lagi untuk membangun sanitasi secara individu. Sistem komunal ini kurang dapat berjalan dengan lancar di perkampungan karena kebanyakan dari penduduk/ rumah tangga kurang memperhatikan perawatan dari sistem yang ada.



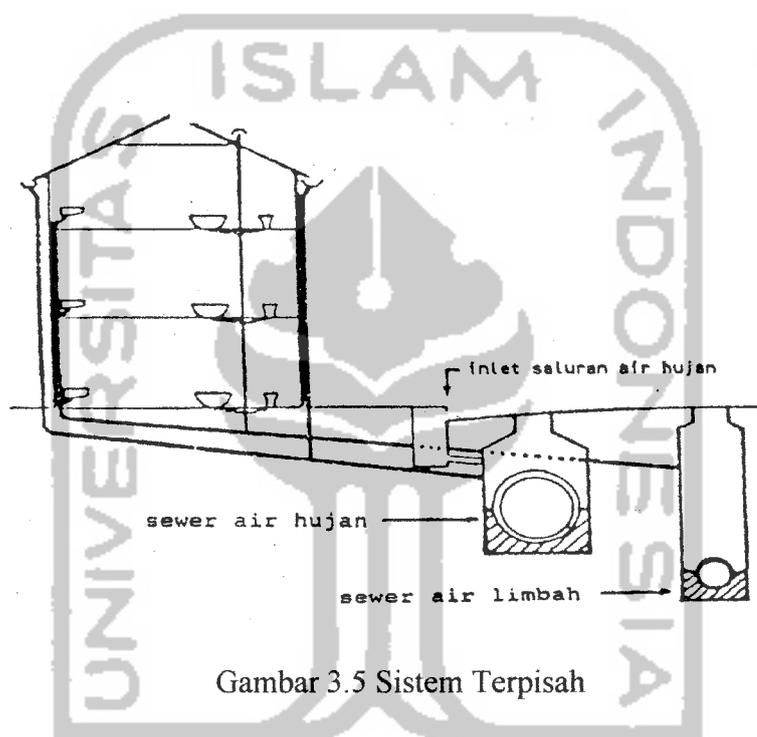
Gambar 3.4 Sanitasi Komunal

3.4 Sistem Jaringan Pipa

3.4.1 Tipe – tipe Sistem Perpipaan

3.4.1.1 Sistem Terpisah

Air limbah dari kamar mandi, jamban, cucian dan dapur dibuang melalui sambungan pipa ke sewer.

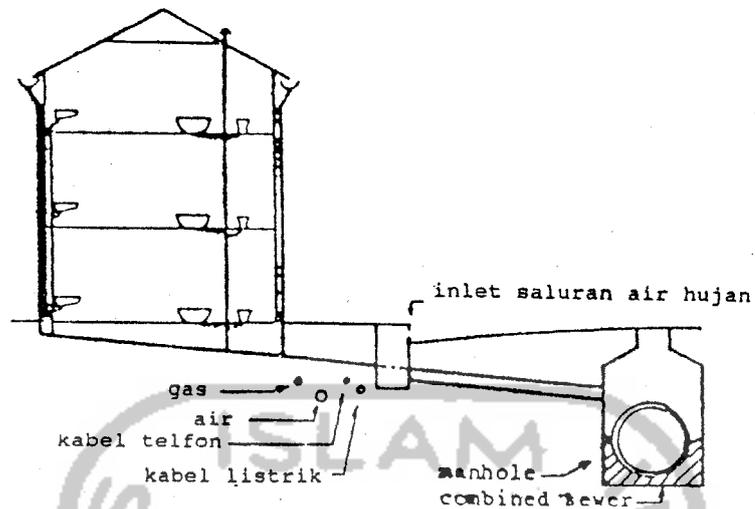


Gambar 3.5 Sistem Terpisah

3.4.1.2 Sistem Kombinasi

Air hujan dan air limbah disalurkan melalui satu pipa ke suatu tempat atau ke instalasi pengolahan.

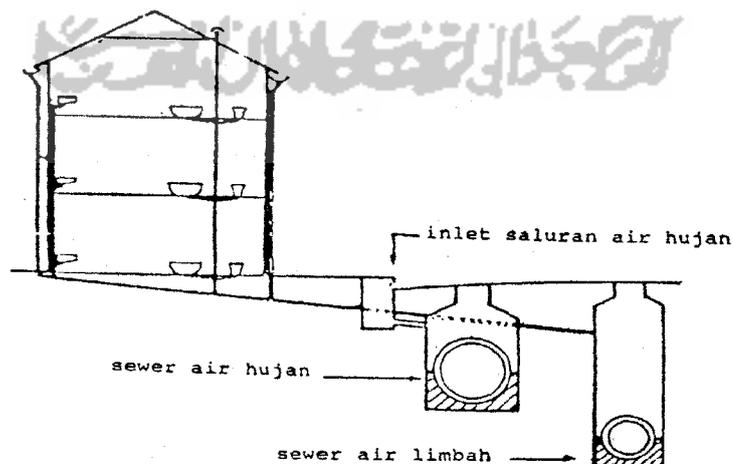
Selama terjadi hujan, bila aliran tersebut melampaui batas tertentu, air limbah encer dibuang atau dilimpaskan melalui saluran pelimpas langsung ke badan air atau sungai. Dalam hal ini diameter pipa akan ditentukan berdasarkan aliran maksimum air hujan, yang kemungkinannya terjadi sekali dalam beberapa tahun.



Gambar 3.6 Sistem Tercampur

3.4.1.3 Sistem Terpisah Sebagian (Sistem Pipa Gravitasi)

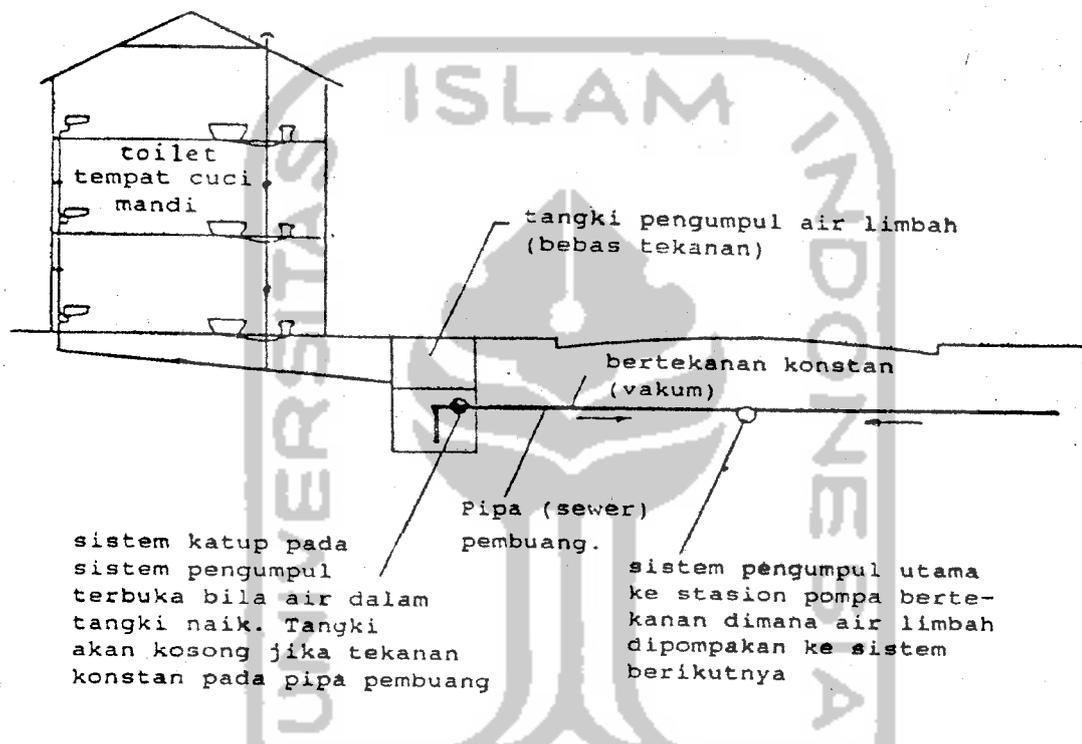
Sistem ini digunakan untuk mengumpulkan air limbah dan air hujan melalui satu pipa (sistem tercampur) atau dengan sistem terpisah terisi sebagian. Kemiringan pipa harus cukup untuk mendapatkan kecepatan *self-cleansing* untuk mengangkut sedimen. Bila pipa mengalir penuh ataupun setengah penuh kecepatannya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



Gambar 3.7 Sistem Terpisah Sebagian (Parsial)

3.4.1.4 Sistem *Vacuum Type*

Jamban, tempat cuci dan lain sebagainya dihubungkan langsung dengan tangki pengumpul air limbah yang berada di luar rumah. Tangki tersebut dihubungkan dengan sistem pipa pengumpul bertekanan.



Gambar 3.8 Sistem Pipa Vakum

3.4.1.5 Sistem Pipa Bertekanan (Sistem Non-Gravitasi)

Sistem ini hanya berfungsi untuk mengumpulkan air limbah yang sepenuhnya bertekanan. Air limbah dari sambungan dikumpulkan dalam manhole pada sisi rumah, kemudian dipompa ke dalam pipa bertekanan. Dalam hal ini kemiringan pipa tidak diperlukan.

3.4.2 Tipe – tipe Pipa

a. Pipa Bangunan

Pipa bangunan digunakan untuk menghubungkan pipa plambing bangunan ke pipa lateral ataupun pipa cabang.

b. Pipa Lateral atau Cabang (*Lateral/Branch Sewer*)

Pipa yang membentuk ujung atas sistem pengumpulan air limbah dan biasanya terletak di jalan ataupun di tempat – tempat tertentu, digunakan untuk mengalirkan air limbah dari pipa bangunan ke pipa utama.

c. Pipa Utama (*Main Sewer*)

Pipa utama digunakan untuk mengalirkan air limbah dari satu atau beberapa pipa lateral ke pipa induk.

d. Pipa Induk (*Trunk Sewer*)

Trunk sewer adalah pipa besar yang digunakan untuk mengalirkan air limbah dari pipa utama ke instalasi pengolahan ataupun ke pipa interseptor.

e. Pipa Interseptor (*Interseptor*)

Pipa yang sangat besar, digunakan untuk menampung dan menyalurkan aliran dari beberapa pipa induk ke instalasi pengolah ataupun ke sarana pengolah lainnya.

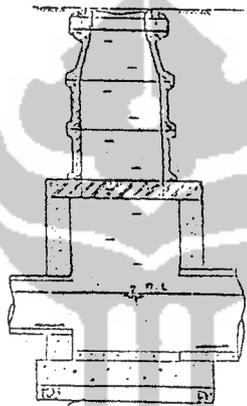
3.4.3 Sambungan Pipa Pada Manhole

Penyambungan pipa pada manhole dapat dilakukan terutama untuk pipa yang berbeda diameternya. Bila terdapat dua atau lebih sambungan pipa (terjadi perubahan diameter), dilakukan penyesuaian secara bertahap antara pipa bagian

hulu dengan hilir dengan cara : sambungan permukaan air, sambungan puncak pipa, sambungan dasar pipa dan sambungan bertahap.

3.4.3.1 Sambungan Pada Permukaan Air

Sambungan permukaan air adalah cara untuk mengatasi lonjakan permukaan air pada pipa bagian hulu dan hilir. Metode ini cocok diterapkan untuk jalur pipa induk (*trunk*) dan semi induk (*semi trunk*).

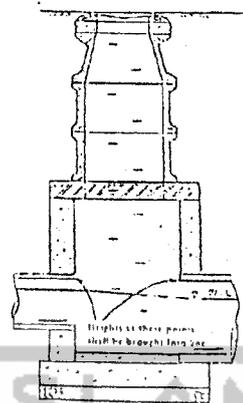


Gambar 3.9 Tampang Vertikal Sambungan Permukaan Air

3.4.3.2 Sambungan Puncak Pipa

Sambungan ini merupakan metode penyambungan pipa bagian hulu dan hilir dimana ketinggian puncaknya (permukaan dalam dari pipa) berada dalam satu garis.

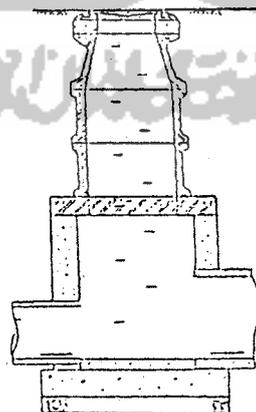
Pada sambungan ini aliran dapat berjalan baik (*Smooth*) akan tetapi pemasangan pipa sangat dalam dan biaya konstruksinya lebih mahal dibandingkan dengan metode lain. Loncatan yang terjadi dalam pipa ini adalah sama dengan selisih diameter pipa bagian hulu dengan pipa hilir.



Gambar 3.10 Potongan Vertikal Sambungan Pipa Puncak

3.4.3.3 Sambungan Dasar (bidang bawah) Pipa

Penyambungan dilakukan pada dasar pipa, dalam hal ini tidak terjadi step atau loncatan. Metode ini digunakan dimana tidak terdapat rintangan/bangunan penghalang atau pada daerah datar dimana jarak dari permukaan tanah ke puncak pipa sangat dalam.

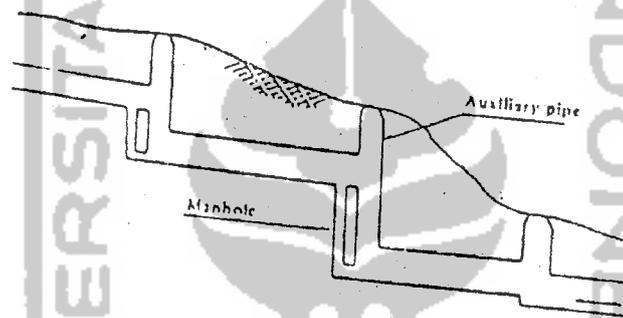


Gambar 3.11 Potongan Vertikal Sambungan Dasar Pipa

3.4.3.4 Sambungan Berjenjang

Metode ini diterapkan pada penyambungan pipa berdiameter kecil ke pipa berdiameter besar, atau bila kemiringan permukaan tanah sangat curam sehingga sulit mengikuti kelandaian tanah tersebut terutama untuk pipa berdiameter 300 mm.

Untuk topografi yang curam, jumlah manhole diperlukan lebih banyak. Tujuannya adalah untuk mengurangi kecepatan aliran limbah.



Gambar 3.12 Sambungan Berjenjang

3.5 Jenis – Jenis Bahan Pipa

Agar dapat menahan beban luar secara kontinyu maka pipa tersebut harus terbuat dari bahan dan struktur yang kuat. Jenis – jenis pipa menurut bahannya antara lain :

- a. Pipa Tanah Liat Berglazur (*Vetrivied Clay Pipes*)
- b. Pipa Beton
- c. Pipa Asbestos Cement
- d. Pipa Baja, *Cost Iron* dan *Ductile Iron*
- e. Pipa PVC (*Polyvinil Chloride*)
- f. Pipa Plastik

3.5.1 Pipa Tanah Liat Berglazur (*Vetrivied Clay Pipes*)

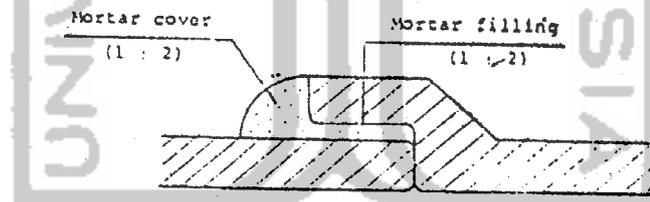
Ciri – ciri khusus :

1. Tahan terhadap zat alkalis dan asam
2. Permukaan dalamnya mulus sehingga dapat memperkecil pengaruh abrasi dan korosi (karat)

A. Sistem Sambungan Pipa Tanah Liat

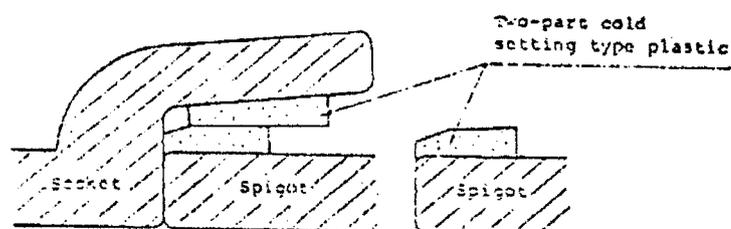
Untuk penyambungannya sering digunakan *spigot* dan *socket* dan menggunakan *mortar* (adonan semen) atau dengan sistem sambungan bertekanan (*Compressive jointing*). Cara penyambungan ini sangat cocok untuk pipa tanah liat karena kedap air sehingga dapat mencegah rembesan air tanah.

- (1) Sambungan pipa tanah liat dengan menggunakan semen



Gambar 3.13

- (2) Sambungan pipa tanah liat dengan takanan

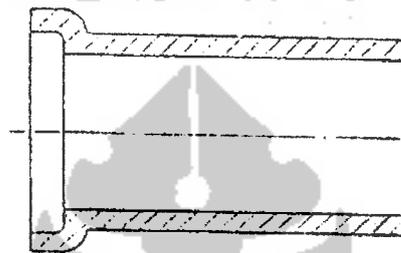


Gambar 3. 14

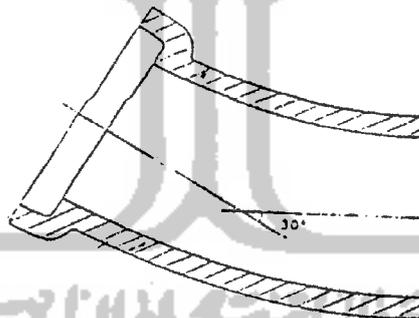
B. Pipa lengkung dan Pencabangan

Ada tiga macam pipa lengkung yang masing – masing bersudut 30° , 60° dan 90° .

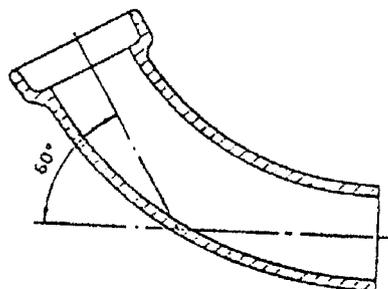
Pipa ini hanya dibuat untuk pipa yang berdiameter 660 mm, sedangkan untuk pencabangan hanya tersedia dua macam masing – masing untuk cabang bersudut 60° dan 90° .



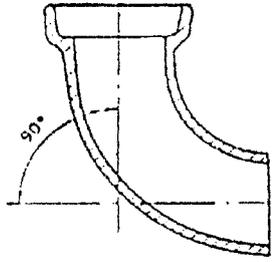
Gambar 3. 15 Pipa Lurus



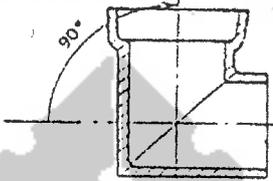
Gambar 3. 16 Pipa Bengkok (30°)



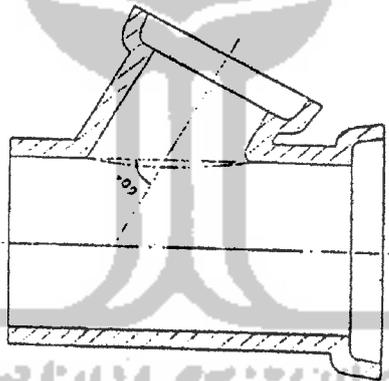
Gambar 3. 17 Pipa Bengkok (60°)



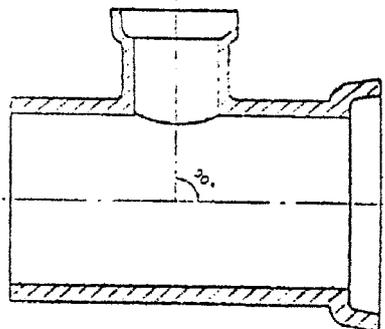
Gambar 3. 18 Pipa Bengkok (90 °)



Gambar 3. 19 Pipa Bengkok (90 °)



Gambar 3. 20 Pipa Cabang (60 °)

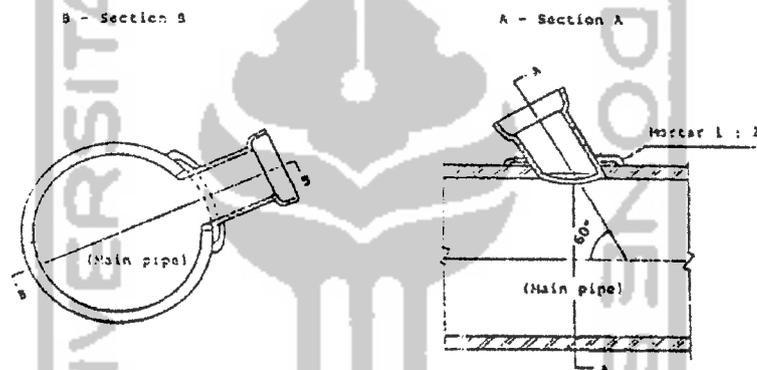


Gambar 3. 21 Pipa Cabang (90 °)

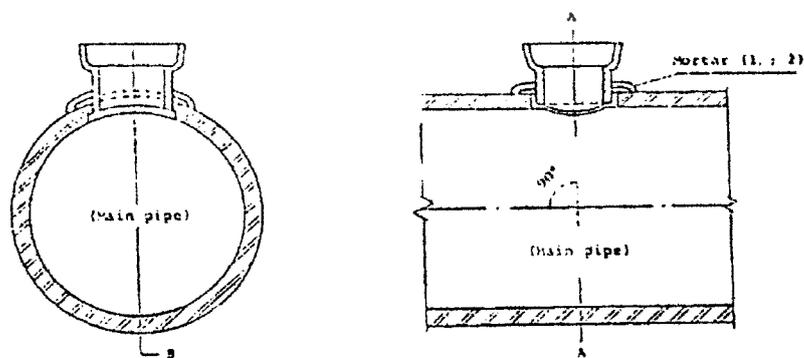
C. Socket Berglazur

Socket digunakan pada sambungan – sambungan pipa lateral dengan pipa induk yaitu untuk sudut 60° dan 90° . Socket yang dapat digunakan untuk pipa induk yaitu berdiameter di bawah 500 mm dan di atas 600 mm.

Digunakannya socket dalam penyambungan pipa lateral dengan pipa induk adalah karena penyambungan secara langsung pipa sekunder dengan pipa induk selalu cenderung terjadi pelonggaran sambungan.



Gambar 3. 22 Socket Clay Bentuk Y (60°)



Gambar 3. 23 Socket Clay Bentuk Y (90°)

3.5.2 Pipa Beton

3.5.2.1 Pipa Beton Bertulang

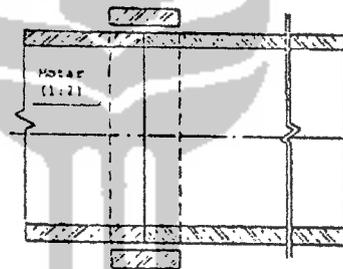
A. Pipa Beton Bertulang Sentrifugal

Pipa beton bertulang sentrifugal disebut juga “*Pipa Hume*” sesuai dengan nama penemunya. Saat ini sangat banyak digunakan terutama jenis pipa external pressure.

Jenis – jenis sambungan (*joint*) pipa beton bertulang :

a. Pipa Tipe A (*collar joint*)

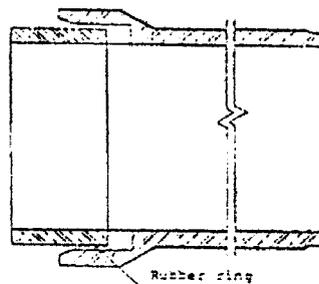
Diperlukan keterampilan khusus dalam penyambungannya.



Gambar 3. 24 Pipa Tipe A

b. Pipa Tipe B (*socket joint*)

Sangat banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi pipa air limbah karena pekerjaan konstruksinya mudah dan pengaliannya lebih kecil dibandingkan dengan pipa Tipe A.

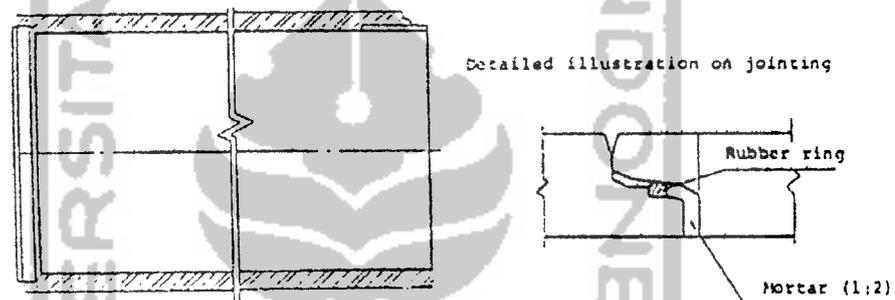


Gambar 3. 25 Pipa Tipe B

c. Pipa Tipe C (*socket and spigot joint*)

Sambungan untuk pipa Tipe C ini digunakan hanya untuk pipa yang berdiameter (dalam) di atas 900 mm.

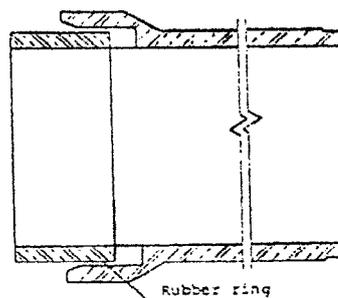
Pengujian sambungan tidak membutuhkan banyak waktu sehingga penimbunannya kembali dapat dilaksanakan segera setelah peletakan pipa. Pipa tipe C sangat kedap terhadap air dan *settlement* (penurunannya) sangat kecil.



Gambar 3. 26 Pipa Tipe C

B. Pipa Span Socket

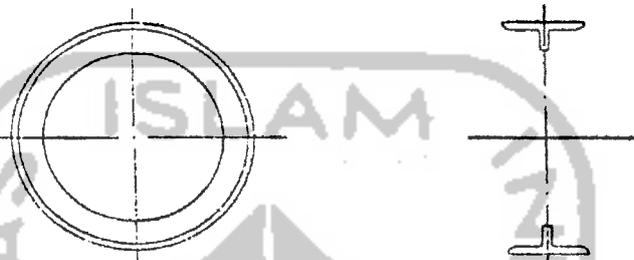
Pipa span socket yang disingkat dengan pipa SP distandarisir oleh JIS berdiameter sampai 600 mm dan 1000 mm. Untuk penyambungannya digunakan adonan mortar. Kekuatan tekanan luarnya sama dengan pipa beton sentrifugal kelas 1. Jenis pipa ini biasanya digunakan pada inlet air buangan.



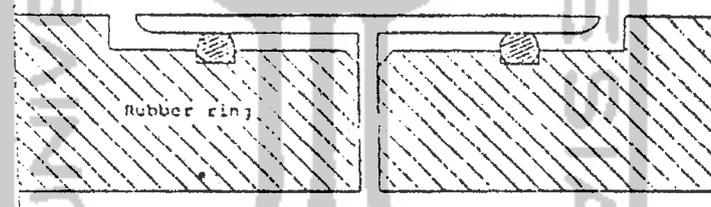
Gambar 3.27 Pipa Span Dengan Socket

C. Pipa Beton Bertulang Untuk Metode Jacking

Pipa ini diterapkan dalam pekerjaan konstruksi jacking. Lebih tebal dibandingkan dengan pipa – pipa biasa, gunanya adalah agar tahan terhadap gaya dorong pada saat melakukan jacking.



Gambar 3.28 Bentuk Pipa Standar

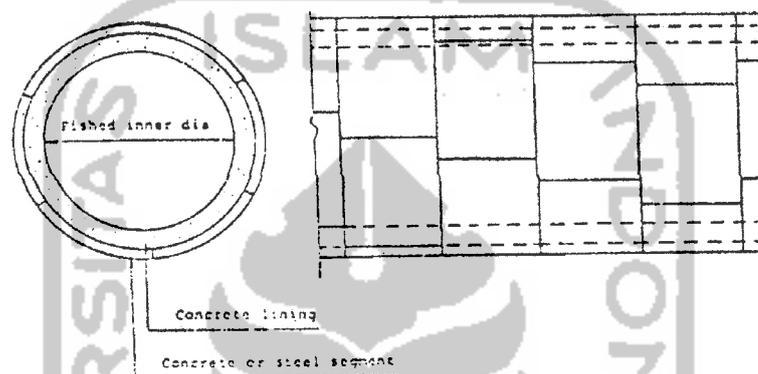


Gambar 3.29 Collar Baja

3.5.2.2 Pipa Beton Bertulang Cast in Place

Pipa ini digunakan bila kondisi lapangan tidak memungkinkan bagi pipa beton cetakan pabrik atau bila dibutuhkan pipa besar atau pipa berbentuk khusus atau pipa berkekuatan besar. Bentuk penampang yang umum digunakan adalah berbentuk empat persegi (*box culvert*), namun ada juga yang berbentuk tapal kuda dan bulat telur.

Contoh lain yaitu pipa untuk Shield tunneling, terdiri dari penutup utama (segmen beton atau baja) dan penutup sekunder (lining beton). Untuk pekerjaan ini yang umumnya dibuat adalah yang berpenampang bulat (lingkaran).



Gambar 3.30 Potongan Melintang untuk Shield Tunneling (Lingkaran)

3.5.3 Pipa Asbestos Cement

Pipa Asbeston Cement biasanya berbentuk bulat, berdiameter sampai 2 m.

Keuntungan menggunakan pipa ini antara lain :

- Ringan dan mudah memasangnya
- Kekasaran dinding/koeffisien geseknya kecil
- Kedap terhadap air
- Sambungannya kuat (menggunakan sambungan cincin karet)
- Harganya murah
- Lebih panjang dari pipa jenis lain (mengurangi jumlah sambungan)

3.5.4 Pipa Baja, Cast Iron dan Ductile Iron

Jenis pipa ini mahal dan berat, harus diberi bahan pelindung pencegah karat. Digunakan hanya untuk keperluan tertentu misalnya untuk siphon, penyeberangan sungai dan lain – lain.

3.5.5 Pipa PVC (*Polyvinil Chloride*)

Pipa Polyvinil Chloride yang disingkat dengan pipa PVC berdiameter nominal mulai 100 mm sampai dengan 800 mm dengan panjang pipa 4 m. Untuk penyambungan pipa ini digunakan dua macam socket yaitu Cincin dan Perkat karet.

Ciri – ciri khusus pipa PVC :

- Memerlukan landasan pasir agar fleksibilitas pipa dapat terjamin
- Kerapatan air yang tinggi pada setiap sambungan dapat menjamin tercegahnya rembesan air tanah
- Daya tahan yang tinggi terhadap bahan alkalis dan asam
- Mudah dalam penanganan dan pengerjaannya karena ringan

Karakteristik ini sangat cocok untuk sistem pipa terpisah. Namun harus diingat dan dihindarkan jika pipa PVC digunakan pada tempat dimana terdapat larutan/bahan organik berkonsentrasi tinggi dan temperatur air yang tinggi dan mengalir dalam waktu yang cukup lama.

3.5.6 Pipa Plastik

Pipa ini terbuat dari campuran serat gelas dengan resin polyester, dengan diameter nominal mulai dari 200 mm sampai dengan 2000 mm. Untuk penyambungannya digunakan socket dengan cincin karet.

3.6 Aplikasi Teknologi Sanitasi

Meskipun pembuangan tinja dan air limbah non tinja secara setempat (*on-site*) dinegara 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 dievaluasi dari segi teknis, ekonomi dan pendanaan.

Teknologi pilihan yang tersedia adalah :

- a. Sistem tong dengan kereta pengangkut
- b. Konvensional sewerage
- c. Small bore sewer
- d. Shallow sewer (kemiringan / slope kecil)

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. Konvensional Sewerage

Sistem ini sangat mahal dan tidak mungkin diterapkan pada masyarakat dengan tingkat penghasilan yang rendah. Sebagai contoh bank dunia telah melakukan studi mendapatkan kenyataan bahwa biaya investasi untuk konvensional sewerage di delapan kota besar di negara berkembang bervariasi antara US \$ 600 s/d US \$ 4000 (harga tahun 1978) per rumah tangga dengan biaya tahunan (biaya-biaya perbaikan, biaya operasi dan pemeliharaan, biaya kebutuhan air bersih untuk penggelontoran) antara US \$ 150 s/d US \$ 650 per rumah tangga. Kebutuhan biaya sebesar ini jelas tidak mungkin dipikul oleh masyarakat, mengingat penghasilan mereka setahun kurang dari US \$ 500,- dan sering dibawah US \$ 200,-

c. Small Bore Sewer

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 (*convensional 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

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 konvensional sewerage serta kebutuhan tenaga buruh lokal juga cukup intensif dipakai. Semua biaya-biaya ini dapat disediakan dari anggaran daerah (tidak perlu loan).

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

3.7 Small Bore Sewer

Sistem small bore sewer dirancang untuk menampung air limbah yang berasal dari rumah tangga untuk diolah secara terpusat dan kemudian dibuang ke perairan (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. Benda-benda padat yang terkumpul tersebut di dalam tangki akan dibuang secara periodik.

Pengumpulan air limbah dengan cara ini mempunyai 4 keuntungan utama, yaitu :

1. mengurangi keperluan air

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.

Karena sistem small bore sewer sudah dirancang untuk menerima air limbah tanpa adanya benda-benda padat, maka sistem pompa dan bak kontrol dapat berkurang.

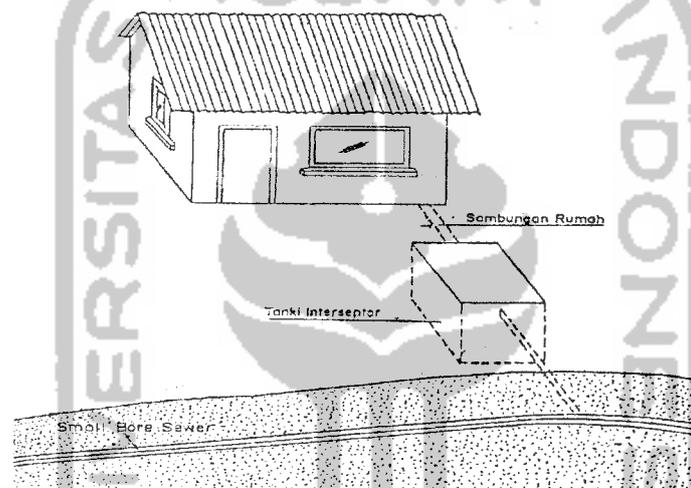
4. mengurangi biaya pengolahan

penyaringan, pemakaian pasir dan pengendapan awal dengan pengolahan secara kolam anaerob tidak diperlukan lagi, karena hal ini sudah terjadi pada tangki interseptor.

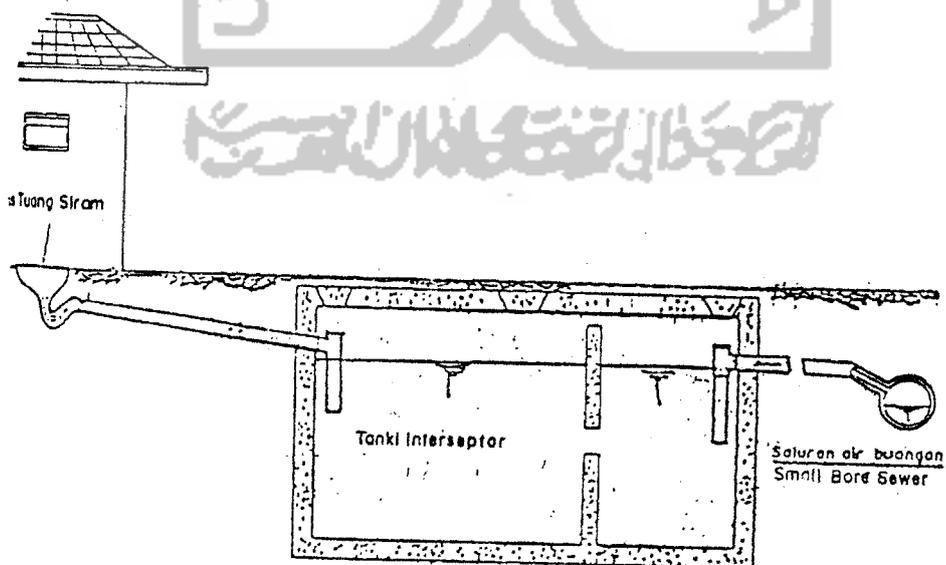
Sistem small bore sewer menyajikan suatu fasilitas sanitasi yang ekonomis tingkat pelayanannya dapat diperbandingkan dengan sistem konvensional sewerage. Hal ini disebabkan biaya konstruksi dan pemeliharaan serta kemampuan berfungsi dengan air, maka small bore sewer dapat diterapkan dimana konvensional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

Kelemahan utama small bore sewer adalah keperluan untuk mengangkat dan membuang zat-zat padat dari setiap tangki interseptor secara periodik.

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 interseptor, sehingga zat-zat padat akan masuk ke pipa yang mengakibatkan kesulitan-kesulitan operasional yang serius.



Gambar 3.31 Diagram Skematik Sistem Small Bore Sewer



Gambar 3.32 Typical Lay Out Small Bore Sewer

3.7.1 Komponen-Komponen Sistem

Sistem small bore sewer terdiri dari beberapa komponen :

- a. Sambungan rumah
- b. Tangki interseptor
- c. Pipa beserta perlengkapannya
- d. Instalasi pengolahan
- e. Pipa pelepas udara
- f. Stasiun pompa

- a. Sambungan rumah

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 dimasukan kedalam sistem.

- b. Tangki interseptor

Tangki interseptor adalah suatu tangki yang kedap air dan dibanamkan 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.

c. 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, small bore sewer tidak perlu diletakkan pada suatu kemiringan yang seragam. Tujuan dari perencanaan dan konstruksi dari small bore sewer adalah memanfaatkan energi maksimum yang dihasilkan dari perbedaan elevasi (ketinggian) ujung bagian atas dan ujung bagian bawah dari pipa jaringan.

d. Bak kontrol dan lubang pembersihan

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.

e. Pipa pelepas udara (*Vent*)

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 vent harus dipasang pada titik tertinggi jalur pipa.

f. Stasiun pompa

Stasiun pompa 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 interseptor rumah atau daerah pelayanan terbatas (*Cluster*) ke sistem perpipaan, sedangkan stasiun pompa utama ditempatkan dijalur pipa yang melayani semua sambungan di dalam satu area pelayanan yang luas (*drainage basin*).

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" (*effluent drains*) seperti sudah meluas dipakai di negara australia.

3.7.2 Tujuan esensial dari sistem ini :

Untuk memindahkan air limbah (dari tangki interseptor) 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*).

3.8 Shallow Sewer

3.8.1 Gambaran umum sistem shallow sewer

Sistem shallow sewer dirancang untuk menerima semua jenis air limbah yakni : tinja manusia, air pembilas wc, air limbah dari dapur, kamar mandi, bekas air cucian untuk dialirkan ketempat pengolahan atau pembuangan. Sistem ini terdiri pipa-pipa berdiameter kecil (100 s/d 200 mm) yang diletakan pada daerah 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. Shallow sewer dirancang untuk digelontor secara periodik melalui semua sambungan rumah tangga yang ada dalam suatu kelompok (blok) pelayanan.

Hal ini dilakukan tidak hanya untuk menjamin operasi yang bebas gangguan, tetapi lebih penting lagi adalah untuk memutus rantai kontaminasi antar rumah. Beberapa rumah (di dalam suatu blok) yang disambungkan pada jaringan yang sama dapat dilakukan dengan beberapa pilihan yaitu :

- a. Disatukan dengan jaringan pengangkut utama (*convensional 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 2 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. Pada titik awal dari jaringan perpipaan, padatan – padatan limbah akan digelontor bersama dengan terjadinya gelombang secara berturut – turut dan bila ada padatan – padatan tertahan di pipa maka air limbah akan tertahan dibelakangnya yang lama – kelamaan akan menumpuk yang akhirnya mampu mendorong padatan tersebut mengalir.

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

Aliran padatan – padatan ini sepanjang pipa akan mengikuti pola : Tumpukan – mengalir – tumpukan – mengalir dan ini berlanjut sampai pipa dapat mengeringkan daerah layanan.

3.8.3 Keuntungan dari sistem

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 konvensional 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 konvensional 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 pengggalian yang dalam dapat menimbulkan masalah yang serius.

4) Mengurangi biaya material (bahan)

Pipa berdiameter kecil dipakai dalam sistem shallow sewer 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.

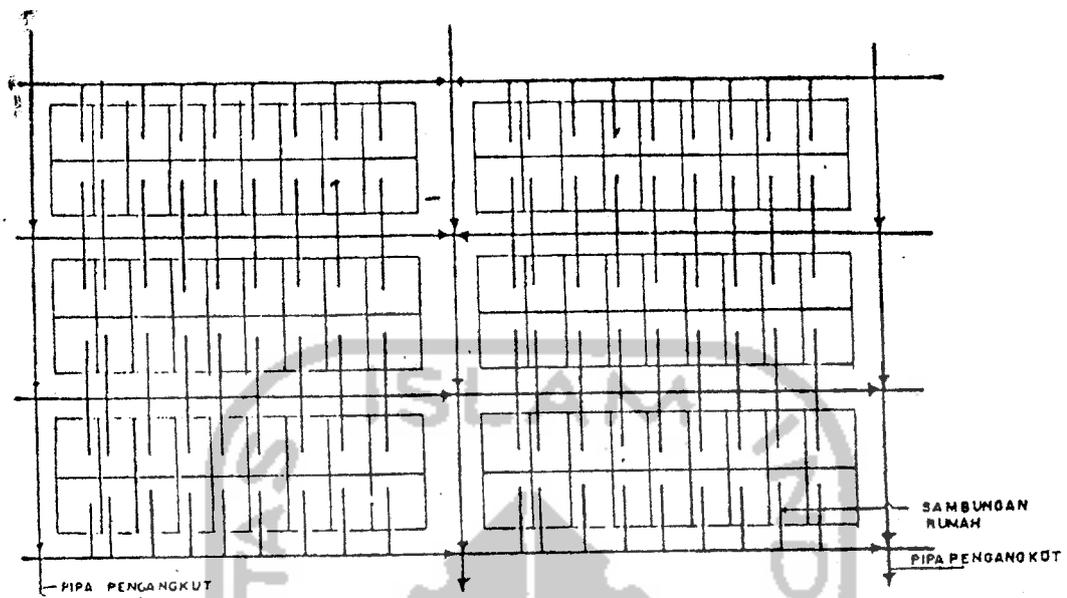
Dengan memakai diameter pipa yang kecil ini maka tidak diperlukan lagi peralatan mekanik untuk pembersihan dan pemeliharaan yang mungkin belum tersedia di negara berkembang.

5) Mengurangi peralatan pemeliharaan

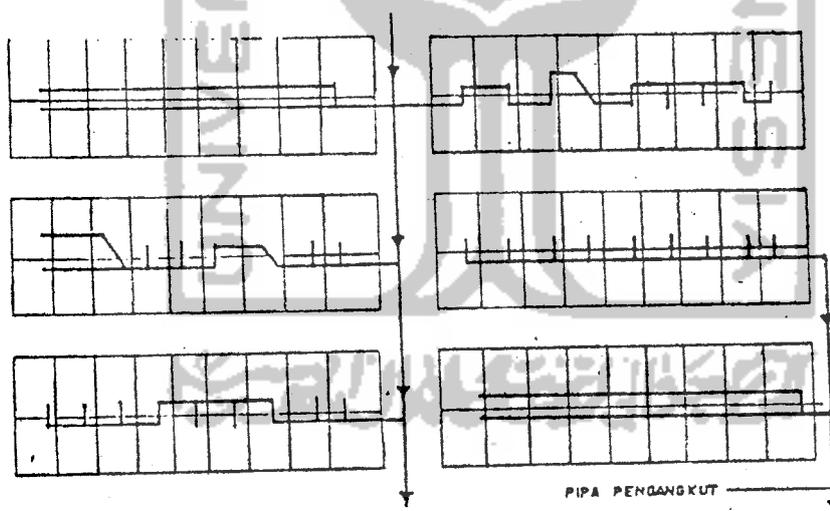
Akibat tingkat pengaliran air limbah yang tinggi, maka tidak perlu lagi peralatan pemeliharaan yang mahal. Berbeda dengan peralatan yang dibutuhkan untuk konvensional sewer.

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.



RENCANA TAPAK KONVENSIONAL SEWER



RENCANA TAPAK SHALLOW SEWER

Gambar 3.33 Rencana Tapak Skematik Konvensional Sewer Dan Shallow

Sewer

3.8.4 Komponen –Komponen Sistem

Sistem shallow sewer terdiri dari beberapa komponen berikut :

- a. Sambungan rumah (HC)
- b. Bak kontrol (IC)
- c. Jaringan pipa pengumpul (*Common blok sewer line*)
- d. Jaringan pipa pengangkut
- e. Stasiun pompa
- f. Instalasi pengolahan air limbah

Stasiun pompa diperlukan hanya dalam kasus – kasus penting seperti pipa air limbah tidak dapat lagi mengikuti kemiringan yang ada atau daerah terlalu datar.

- a. Sambungan Rumah

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

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). Misal : dua atau lebih rumah bisa dilayani oleh satu bak kontrol. Dimensi dari bak sangat bervariasi dengan kedalaman pipa.

c. Jaringan Pengumpul Air Limbah

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.

e. 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.

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.

3.8.5 Kriteria Penanganan

Sistem shallow sewerage adalah satu – satunya sistem off site (dalam keadaan tertentu) lebih murah daripada on site. Ada juga kondisi – kondisi tertentu dimana on site 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 off site dan merupakan suatu pilihan yang jelas untuk dipertimbangkan.

Seperti dijelaskan di atas sistem ini tepat untuk dipakai pada kondisi di mana on site 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 on site sistem disposal terbukti tidak layak atau bila kepadatan dari pemukiman menunjukkan bahwa off site sistem terbukti cukup efektif dan dari segi ekonomis, maka off site 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 on site 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 teganang di mana – mana, menimbulkan berbagai kesulitan seperti bau, sumber penyakit, pemandangan yang tidak baik.

d) Tingkat sosial budaya yang bervariasi

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

3.9 Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Biologis

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 biologis yang melibatkan oksigen didalamnya.

b. Proses pengolahan biologis secara anaerobik

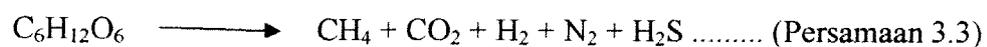
Proses biologis yang tanpa melibatkan oksigen didalamnya.

Karakteristik pengolahan anaerobik antara lain sebagai berikut :

1. Mampu menerima beban organik yang tinggi persatuan volume reaktornya sehingga volume reaktornya cenderung lebih kecil dibandingkan dengan proses aerobik.
2. Tanpa energi untuk prosesnya tetapi, dapat menghasilkan energi.
3. Menghasilkan surplus lumpur yang rendah
4. Pertumbuhan mikroba yang lambat
5. Membutuhkan stabilitas pH pada daerah netral (6,5-7,5)

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

Reaksinya dapat dijelaskan sebagai berikut :



Mikroorgansime

Secara umum biasanya dekomposisi anaerobik ini dalam penguraianya 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 pula disebut fermentasi metan, karena proses penguraian bahan organik dengan produk akhirnya menghasilkan gas metana.

Proses pengolahan anaerobik dalam pengolahan biologis terjadi dalam tiap tahap pemecahan bahan organik yang menghasilkan gas metana (CH₄) yaitu :

- **Hidrolisis**

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

hidrolisis ini merupakan proses yang paling menentukan dalam menghasilkan substrat-substrat untuk berhasilnya tahap-tahap degradasi berikutnya.

- **Pembentukan asam**

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

- **Proses pembentukan asam (*fermentasi metana (CH₄)*)**

Proses ini sebagai fase pembentukan gas metana baik dari senyawa asetat maupun dari H₂ dan CO₂. Proses ini menggunakan bakteri methanogen. Bakteri ini sangat sensitif terhadap pH, bila pH di bawah 6 maka pembentukan metana akan terhenti, selain itu bakteri ini sangat lambat tetapi mempunyai kemampuan untuk mempertahankan diri dalam waktu lama asalkan suhu tetap stabil di bawah 15 ° C.

Untuk proses pengolahan biologis di dalam sewer dapat terjadi dalam dua phase yaitu dalam phase aerobik maupun anaerobik. Untuk phase aerobik biasanya terjadi di air buangan itu sendiri, sedangkan untuk phase anaerobik terjadi di lapisan sedimen yang ada di dalam saluran itu sendiri.

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

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

- N, S, P, C sebagai makanan
- O₂
- Suhu yang ideal

3.10 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.

3.10.1 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*) Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi oleh mikrobiologi, 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 3.4 Perbandingan Rata-rata angka BOD_5 / COD untuk beberapa jenis air

Jenis Air	BOD_5 / COD
Air buangan domestik	0,4 – 0,6
Air buangan domestik setelah pengendapan primer	0,6
Air buangan domestik setelah pengolahan biologis	0,2
Air sungai	0,1

(Sumber : Metode Penelitian Air)

3.10.2 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses biologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air.

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah, kalau sesuatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan ikan-ikan dalam air dan keadaan menjadi *anaerobik* dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut.

Jenis bakteri yang mampu mengoksidasi zat organik, yang berasal dari sisa tanaman dan air buangan penduduk, berada pada umumnya di setiap air alam. Jumlah bakteri ini tidak banyak di air jernih dan air buangan industri yang mengandung zat organik. Pada kasus ini pasti perlu ditambahkan benih bakteri. Untuk oksidasi/penguraian zat organik, terutama di beberapa jenis air buangan industri yang mengandung misalnya fenol, detergen, minyak, dan sebagainya bakteri harus diberikan waktu beberapa hari untuk adaptasi melalui kontak dengan air buangan tersebut sebelum dapat digunakan sebagai benih pada analisa BOD air tersebut.

Sebaliknya beberapa zat organik maupun inorganik dapat bersifat racun terhadap bakteri (misalnya sianida, tembaga) dan harus dikurangi hingga batas yang diinginkan. Derajat keceracunan ini juga dapat diperkirakan melalui analisa BOD.

3.10.3. Zat Padat

Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu *zat terlarut* (seperti garam dan molekul organik) dan *zat padat tersuspensi dan koloidal* (seperti tanah liat, kwarts). Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel tersebut.

Perbedaan antara kedua kelompok zat yang ada dalam air alam cukup jelas dalam praktek, namun kadang-kadang batasan itu tidak dapat dipastikan secara definitif. Dalam kenyataan suatu molekul organik polimer tetap bersifat zat yang terlarut, walaupun panjangnya lebih dari 10 μm sedangkan beberapa jenis zat padat koloid mempunyai sifat dapat bereaksi seperti sifat zat-zat yang terlarut.

Analisa zat padat dalam air sangat penting dalam penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan dan pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun air buangan.

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

mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh karena sebenarnya air di antara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang.

Seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganis (tanah liat, kwarts) dan organis (protein, sisa tanaman dan ganggang, bakteri).

Dalam analisa zat padat, pengertian Zat Padat Total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat Padat Total terdiri dari Zat Padat Terlarut dan Zat Padat Tersuspensi yang dapat bersifat organis dan non organis. Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan sekali lagi menjadi zat padat terapung yang selalu bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat organis dan inorganis. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya. Penentuan zat padat terendap ini dapat melalui volumenya, disebut analisa volum lumpur (sludge volume), dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut Zat Padat Terendap (settleable solid).

3.11 pH

pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan, melalui konsentrasi (aktivitas) ion hidrogen H^+ . Ion hidrogen merupakan faktor utama untuk mengerti reaksi kimiawi dalam ilmu teknik penyehatan karena :

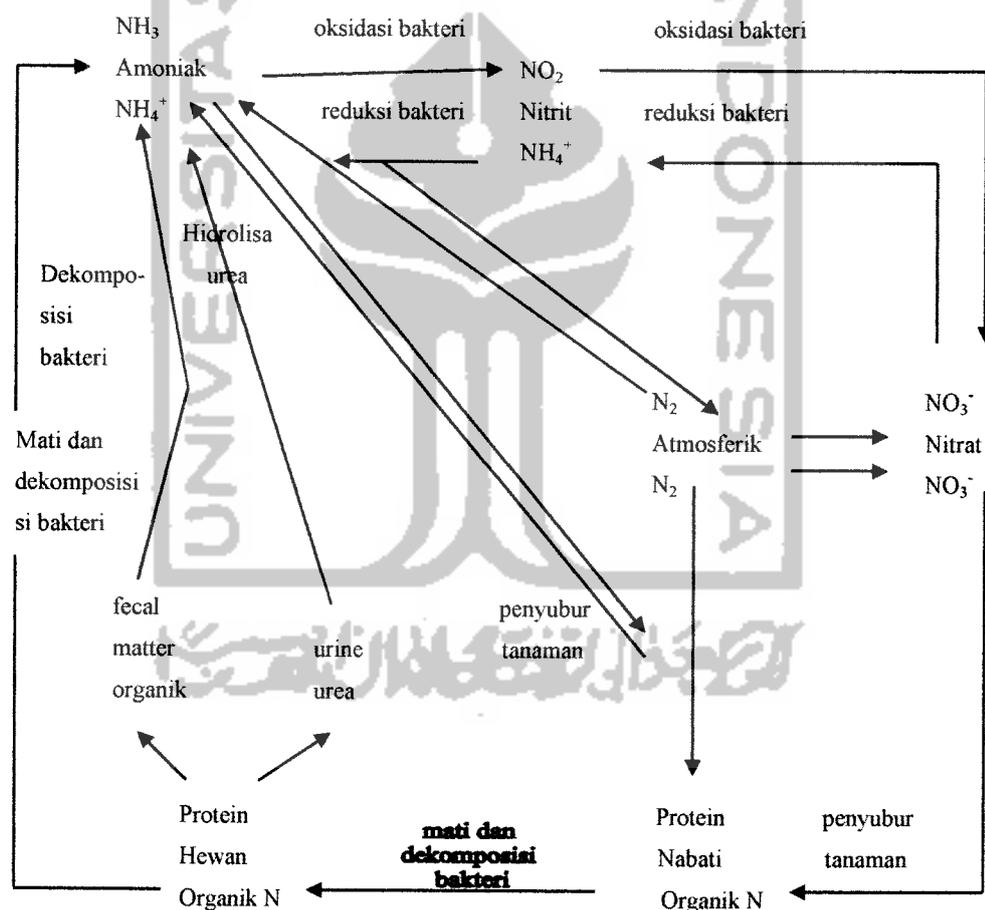
- H^+ selalu ada dalam keseimbangan dinamis dengan air/ H_2O yang membentuk suasana untuk semua reaksi kimiawi yang berkaitan dengan masalah pencemaran air dimana sumber ion hidrogen tidak pernah habis.
- H^+ tidak hanya merupakan unsur molekul H_2O saja tetapi juga merupakan unsur banyak senyawa lain, hingga jumlah reaksi tanpa H^+ dapat dikatakan hanya sedikit saja.

Lewat aspek kimiawi, suasana air juga mempengaruhi hal lain, misalnya kehidupan biologi dan mikrobiologi. Peranan ion hidrogen tidak penting jika zat pelarut bukan air melainkan molekul organik seperti alkohol, bensin (hidrokarbon) dan lain-lain.

Sebelum abad ke-19, asam dan basa dibedakan menurut rasanya (rasa asam atau seperti rasa sabun). Pada abad ke-18 sudah diketahui bahwa semua asam mengandung hidrogen H^+ dan semua basa mengandung hidroksil OH^- . Juga teori ionisasi Arrhenius (1887) asam dianggap sebagai sesuatu molekul yang dapat memisahkan diri menjadi ion H^+ dan sisa asam. Molekul yang memisah secara total adalah asam kuat dimana semua ion H^+ memang terpisah dan “tersedia” dalam larutan (HCl , H_2SO_4 , dan lain-lain). Asam lemah tidak memisah secara penuh, dan kadar ion H^+ yang “tersedia” lebih sedikit (asam asetat, asam sitrat, dan lain-lain). Namun demikian, definisi praktis asam telah diperluas, yaitu juga yang dianggap sebagai asam adalah semua senyawa yang bereaksi dengan H_2O dan membuat H^+ (berasal dari H_2O).

3.12 Amoniak (NH_3)

Amoniak merupakan hasil dekomposisi dalam bentuk bebas sebagai NH_3 maupun dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) yang masuk ke lingkungan kita dan makhluk yang mati diikuti dekomposisi bakteri dari protein hewani maupun nabati, dekomposisi dari kotoran binatang dan manusia serta reduksi nitrit ke amoniak, seperti terlihat dalam gambar 3.35. (Tchobanoglous dan Burton, 1983).



Gambar 3.35 Skema siklus nitrogen
(Tchobanoglous dan Burton, 1983).

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

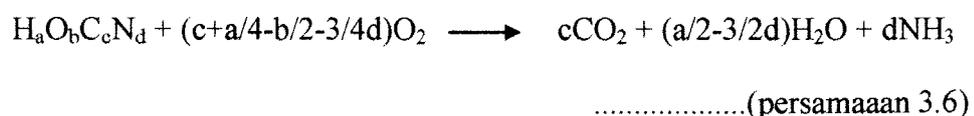


Amoniak dapat larut dengan cepat di air. Gas amoniak bereaksi dengan air membentuk amonium hidroksida dengan melepaskan panas yang tinggi. Perubahan amoniak menjadi amonium dan ion hidroksida berlangsung dengan cepat dan cenderung menaikkan pH larutan (limbah). Reaksi bolak-balik dari perubahan tersebut,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



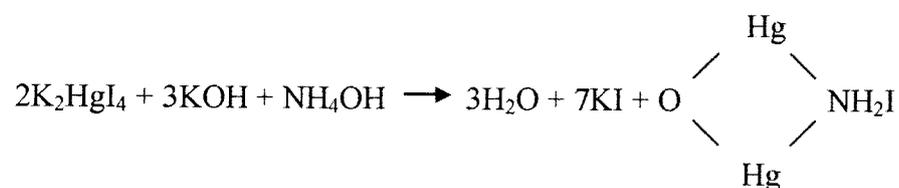
Perbandingan ion amoniak dengan molekul amonium hidroksida adalah merupakan fungsi pH. Dalam pH 7 amoniak lebih banyak berbentuk ion amonium. (Tchobanoglous dan Burton, 1983).

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



3.12.1 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 Sumestri, 1987), kalau terdapat banyak amoniak akan terjadi endapan coklat (Hendardji, 1953). Dengan reaksi seperti berikut :



.....(Persamaan 3.7)

3.12.2 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.

3.12.3 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 sebagai akibat terlalu banyak bahan makanan yang masuk kedalam perairan. Apabila perairan cukup nutrien, 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 nutrien.