

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi, dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga.

Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Apabila jumlah air yang dibuang berlebihan melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya maka akan terjadi kerusakan lingkungan. Lingkungan yang rusak akan menyebabkan menurunnya tingkat kesehatan manusia yang tinggal pada lingkungannya itu sendiri sehingga oleh karenanya perlu dilakukan penanganan air limbah yang seksama dan terpadu baik dalam hal penyalurannya.

Sistem penyaluran air limbah adalah suatu rangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang air limbah dari suatu kawasan/lahan baik itu dari rumah tangga maupun kawasan industri. Sistem penyaluran biasanya menggunakan sistem saluran tertutup dengan menggunakan pipa yang berfungsi menyalurkan air limbah tersebut ke bak interceptor yang nantinya di salurkan ke saluran utama atau saluran drainase.

Sistem penyaluran air limbah ini pada prinsipnya terdiri dari dua macam yaitu: sistem penyaluran terpisah dan sistem penyaluran campuran, dimana sistem penyaluran terpisah adalah sistem yang memisahkan aliran air buangan dengan

limpasan air hujan, sedangkan sistem penyaluran tercampur menggabungkan aliran air buangan dengan limpasan air hujan. Dalam hal ini pembahasan hanya mencakup sistem penyaluran air limbah terpisah. Kemudian sistem pengolahan limbah pun terdiri dari 2 macam yaitu sistem pengolahan on-site position dan sistem off-site position, yang akan ditinjau nantinya adalah sistem pengolahan off-site position dimana air limbah disalurkan melalui sewer (saluran pengumpul air limbah) lalu kemudian masuk ke instalasi pengolahan terpusat.

2.2 Sistem Penyaluran Air Buangan

2.2.1 Sistem Sanitasi Setempat

Sistem sanitasi setempat (On-site sanitation) adalah sistem pembuangan air limbah dimana air limbah tidak dikumpulkan serta disalurkan ke dalam suatu jaringan saluran yang akan membawanya ke suatu tempat pengolahan air buangan atau badan air penerima, melainkan dibuang di tempat (Ayi Fajarwati, Penyaluran air buangan domestik 2000) . Sistem ini di pakai jika syarat-syarat teknis lokasi dapat dipenuhi dan menggunakan biaya relatif rendah. Sistem ini sudah umum karena telah banyak dipergunakan di Indonesia.

Kelebihan sistem ini adalah:

- a) Biaya pembuatan relatif murah;
- b) Bisa dibuat oleh setiap sektor ataupun pribadi;
- c) Teknologi dan sistem pembuangannya cukup sederhana;
- d) Operasi dan pemeliharaan merupakan tanggung jawab pribadi.

Disamping itu, kekurangan sistem ini adalah:

- a) Umumnya tidak disediakan untuk limbah dari dapur, mandi dan cuci;

- b) Mencemari air tanah bila syarat-syarat teknis pembuatan dan pemeliharaantidak dilakukan sesuai aturannya

Pada penerapan sistem setempat ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi (DPU 1989) antara lain:

- Kepadatan penduduk kurang dari 200 jiwa /ha.
- Kepadatan penduduk 200-500 jiwa/ha masih memungkinkan dengansyarat penduduk tidak menggunakan air tanah;
- Tersedia truk penyedotan tinja.

1. Cubluk (pit privy)

Cubluk merupakan sistem pembuangan tinja yang paling sederhana. Terdiri atas lubang yang digali secara manual dengan dilengkapi dinding rembes air yang dibuat dari pasangan batu bata berongga, anyaman bambu dan lain lain (Sugiharto 1987). Cubluk biasanya berbentuk bulat atau kotak, dengan potongan melintang sekitar 0.5-1.0 m², dengan kedalaman 1-3 m. Hanya sedikit air yang digunakan untuk menggelontorkan tinja ke dalam cubluk. Cubluk ini biasanya di desain untuk waktu 5-10 tahun Beberapa jenis cubluk antara lain:

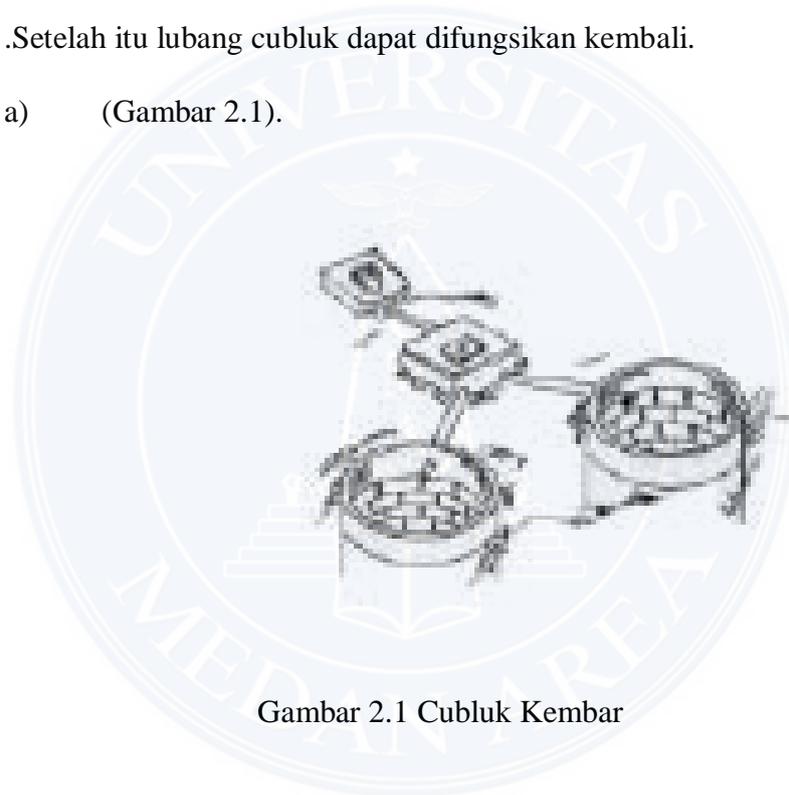
- Cubluk tunggal

Cubluk tunggal dapat digunakan untuk daerah yang memiliki tinggi muka air tanah > 1 m dari dasar cubluk.Cocok untuk daerah dengan kepadatan < 200 jiwa/ha.Pemakaian cubluk tunggal dihentikan setelah terisi 75%.

- Cubluk Kembar

Cubluk kembar dapat digunakan untuk daerah dengan kepadatan penduduk < 50 jiwa/ha dan memiliki tinggi muka air tanah > 2 m dari dasar cubluk. Pemakaian lubang cubluk pertama dihentikan setelah terisi 75% dan selanjutnya lubang cubluk kedua dapat disatukan. Jika lubang cubluk kedua terisi 75%, maka lumpur tinja yang ada di lubang pertama dapat dikosongkan secara manual dan dapat digunakan untuk pupuk tanaman. Setelah itu lubang cubluk dapat difungsikan kembali.

a) (Gambar 2.1).



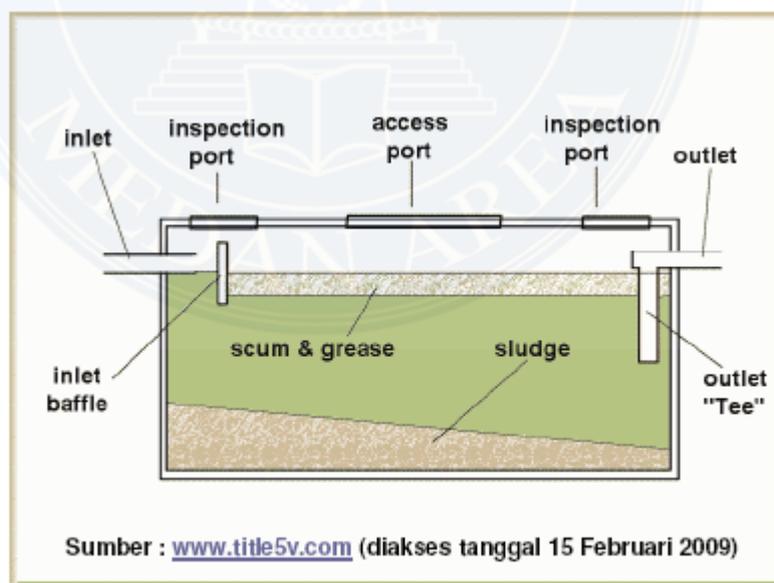
Gambar 2.1 Cubluk Kembar

2. Tangki Septik

Tangki septik merupakan suatu ruangan yang terdiri atas beberapa kompartemen yang berfungsi sebagai bangunan pengendap untuk menampung kotoran padat agar mengalami pengolahan biologis oleh bakteri anaerob dalam jangka waktu tertentu. Untuk mendapat proses yang baik, sebuah tangki septik haruslah hampir terisi penuh dengan cairan, oleh karena itu tangki septik haruslah kedap air (Sugiharto 1987). Prinsip operasional tangki septik adalah pemisahan

partikel dan cairan partikel yang mengendap (lumpur) dan juga partikel yang mengapung (scum) disisihkan dan diolah dengan proses dekomposisi anaerobik. Pada umumnya bangunan tangki septik dilengkapi dengan sarana pengolahan effluent berupa bidang resapan (sumur resapan). Tangki septik dengan peresapan merupakan jenis fasilitas pengolahan air limbah rumah tangga yang paling banyak digunakan di Indonesia. Pada umumnya diterapkan di daerah pemukiman yang berpenghasilan menengah ke atas, perkotaan, serta pelayanan umum. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan tangki septik (Gambar 2.2):

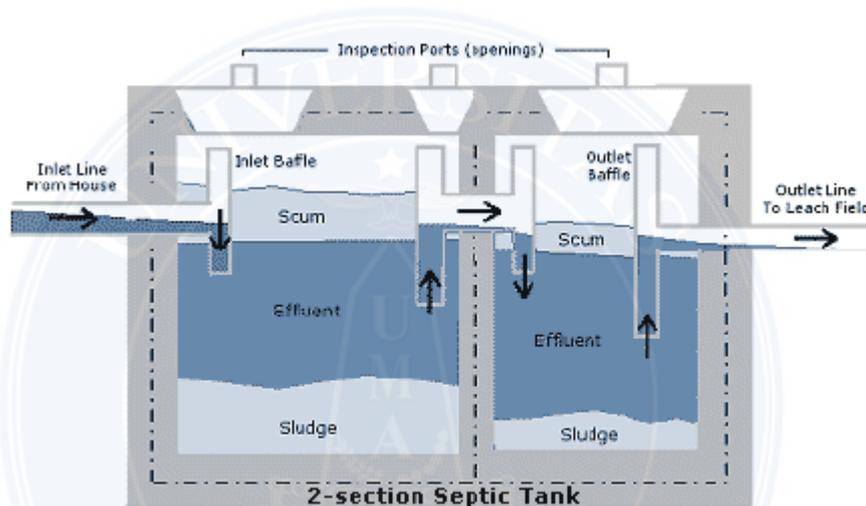
- Kecepatan daya serap tanah > 0.0146 cm/menit;
- Cocok diterapkan di daerah yang memiliki kepadatan penduduk < 500 jiwa/ha;
- Dapat dijangkau oleh truk penyedot tinja;
- Tersedia lahan untuk bidang resapan.



Gambar 2.2 Tangki septik

3. Beerput

Sistem ini merupakan gabungan antara bak septik dan peresapan. Oleh karena itu bentuknya hampir seperti sumur resapan (Sugiharto 1987). Untuk penerapan sistem beerput, terdapat beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu tinggi air dalam saluran beerput pada musim kemarau tidak kurang dari 1,3 m dari dasar, jarak dengan sumur minimal 8 m, volume diameternya tidak boleh < 1m dan apabila dibuat segi empat maka sisi-sisinya harus lebih besar dari 0.9 m



Gambar 2.3. Beerput

2.2.2 Sistem Sanitasi Terpusat

Sistem Sanitasi Terpusat (Off site sanitation) merupakan sistem pembuangan air buangan rumah tangga (mandi, cuci, dapur, dan limbah kotoran) yang disalurkan keluar dari lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan dan selanjutnya disalurkan secara terpusat ke bangunan pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan perairan (Ayi Fajarwati, Penyaluran air buangan domestik 2000).



Gambar 2.4 Sistem Sanitasi Terpusat

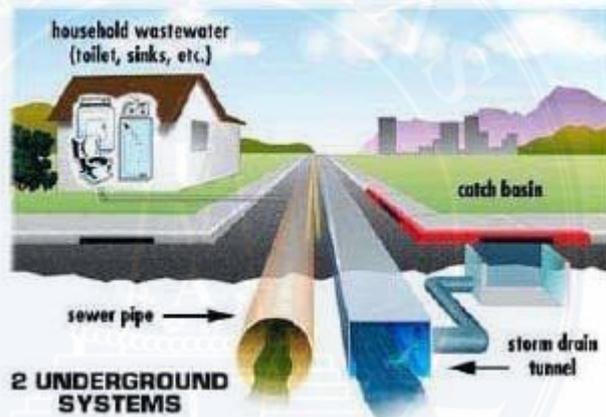
2.2.3 Sistem Penyaluran Terpisah

Sistem Penyaluran terpisah atau biasa disebut separate system/full sewerage adalah sistem dimana air buangan disalurkan tersendiri dalam jaringan riol tertutup, sedangkan limpasan air hujan disalurkan tersendiri dalam saluran drainase khusus untuk air yang tidak tercemar (Ayi Fajarwati, Penyaluran air buangan domestik 2000). Sistem ini digunakan dengan pertimbangan antara lain:

1. Periode musim hujan dan kemarau lama;
2. Kuantitas aliran yang jauh berbeda antara air hujan dan air buangan domestik;
3. Air buangan umumnya memerlukan pengolahan terlebih dahulu, sedangkan air hujan harus secepatnya dibuang ke badan penerima;

4. Fluktuasi debit (air buangan domestik dan limpasan air hujan) pada musim kemarau dan musim hujan relatif besar;
5. Saluran air buangan dalam jaringan riol tertutup, sedangkan air hujan dapat berupa polongan (conduit) atau berupa parit terbuka (ditch).

Kelebihan sistem ini adalah masing-masing sistem saluran mempunyai dimensi yang relatif kecil sehingga memudahkan dalam konstruksi serta operasi dan pemeliharannya. Sedangkan kelemahannya adalah memerlukan tempat luas untuk jaringan masing-masing sistem saluran (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Sistem Saluran Terpisah

2.2.4 Sistem Penyaluran Konvensional

Sistem penyaluran konvensional (conventional Sewer) merupakan suatu jaringan perpipaan yang membawa air buangan ke suatu tempat berupa bangunan pengolahan atau tempat pembuangan akhir seperti badan air penerima. Sistem ini terdiri dari jaringan pipa persil, pipa lateral, dan pipa induk yang melayani penduduk untuk suatu daerah pelayanan yang cukup luas (Maryam Dewiandratika, Sistem penyaluran air limbah 2002). Setiap jaringan pipa dilengkapi dengan lubang periksa manhole yang ditempatkan pada lokasi-lokasi

tertentu. Apabila kedalaman pipa tersebut mencapai 7 meter, maka air buangan harus dinaikkan dengan pompa dan selanjutnya dialirkan secara gravitasi ke lokasi pengolahan dengan mengandalkan kecepatan untuk membersihkan diri (Gambar 2.6).

Syarat yang harus dipenuhi untuk penerapan sistem penyaluran konvensional:

- Suplai air bersih yang tinggi karena diperlukan untuk menggelontor.
- Diameter pipa minimal 100 mm, karena membawa padatan.
- Aliran dalam pipa harus aliran seragam.
- Slope pipa harus diatur sehingga V cleansing terpenuhi (0.6 m/det). Aliran dalam saluran harus memiliki tinggi renang agar dapat mengalirkan padatan.
- Kecepatan maksimum pada penyaluran konvensional 3m/detik.

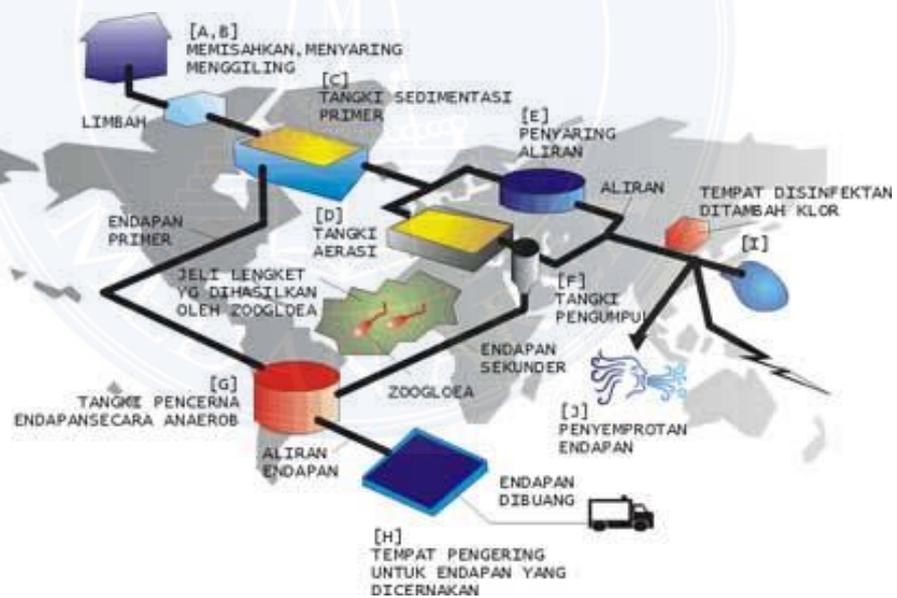
Kelebihan sistem penyaluran konvensional adalah tidak diperlukannya suatu tempat pengendapan padatan atau tangki septik. Sedangkan kekurangan dari sistem penyaluran konvensional antara lain:

- Biaya konstruksi relatif mahal.
- Peraturan jaringan saluran akan sulit jika dikombinasikan dengan saluran small bore sewer, karena dua sistem tersebut membawa air buangan dengan karakteristik berbeda sehingga tidak boleh ada cabang dari sistem konvensional bersambung ke saluran small bore sewer.

Daerah yang cocok untuk penerapan sistem penyaluran konvensional:

- Daerah yang sudah mempunyai sistem jaringan saluran konvensional atau dekat dengan daerah yang punya sistem ini.

- Daerah yang mempunyai kepekaan lingkungan tinggi, misalnya daerah perumahan mewah, pariwisata.
- Lokasi pemukiman baru, dimana penduduknya memiliki penghasilan cukup tinggi, dan mampu membayar biaya operasional dan perawatan.
- Di pusat kota yang terdapat gedung-gedung bertingkat yang apabila tidak dibangun jaringan saluran, akan diperlukan lahan untuk pembuangan dan pengolahan sendiri.
- Di pusat kota, dengan kepadatan penduduk > 300 jiwa/ha dan umumnya penduduk menggunakan air tanah, serta lahan untuk pembuatan sistem setempat sangat sulit dan permeabilitas tanah buruk.

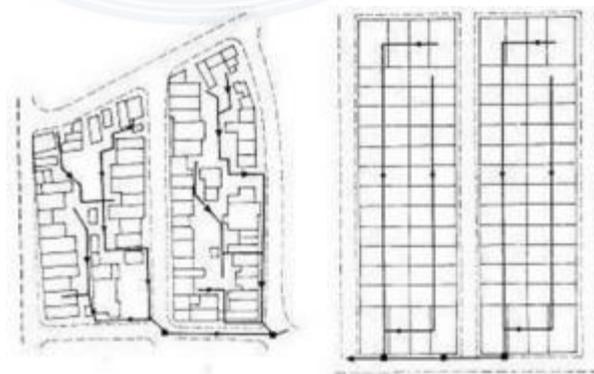


Gambar 2.6 Sistem Penyaluran Konvensional

2.2.5 Sistem Riol Dangkal (shallow Sewer)

Shallow sewerage disebut juga Simplified sewerage atau Condominial Sewerage. Perbedaannya dengan sistem konvensional adalah sistem ini mengangkut air buangan dalam skala kecil dan pipa dipasang dengan slope lebih landai (Maryam Dewiandratika, Sistem Penyaluran air limbah 2002). Perletakan saluran ini biasanya diterapkan pada blok-blok rumah. Shallow sewer sangat tergantung pada pembilasan air buangan untuk mengangkut buangan padat jika dibandingkan dengan cara konvensional yang mengandalkan self clensing.

Sistem ini cocok diterapkan sebagai sewerage di daerah perkampungan dengan kepadatan tinggi, tidak di lewati oleh kendaraan berat dan memiliki kemiringan tanah sebesar 1% Shallow sewer harus dipertimbangkan untuk daerah perkampungan dengan kepadatan penduduk tinggi dimana sebagian besar penduduk sudah memiliki sambungan air bersih dan kamar mandi pribadi tanpa pembuangan setempat yang memadai. Sistem ini melayani air buangan dari kamar mandi, cucian, pipa servis, pipa lateral tanpa induk serta dilengkapi dengan pengolahan mini.



Gambar 2.7 Layout saluran Shallow Sewerage pada perumahan tidak teratur (A) dan teratur (B).

2.2.6 Sistem Riol Ukuran Kecil

Saluran pada sistem riol ukuran kecil (small bore sewer) ini dirancang, hanya untuk menerima bagian-bagian cair dari air buangan kamar mandi, cuci, dapur dan limpahan air dari tangki septik, sehingga salurannya harus bebas zat padat. Saluran tidak dirancang untuk self cleansing, dari segi ekonomis sistem ini lebih murah dibandingkan dengan sistem konvensional (Maryam Dewiandratika, sistem Penyaluran air limbah 2002).

Daerah pelayanan relatif lebih kecil, pipa yang dipasang hanya pipa persil dan servis yang menuju lokasi pembuangan akhir, pipa lateral dan pipa induk tidak diperlukan, kecuali untuk beberapa daerah perencanaan dengan kepadatan penduduk sangat tinggi dan timbulan air buangan yang sangat besar. Sistem ini dilengkapi dengan instalasi pengolahan sederhana (Gambar 2.8).

Syarat yang harus dipenuhi untuk penerapan sistem ini:

- Memerlukan tangki yang berfungsi untuk memisahkan padatan dan cairan, tangki ini biasanya tangki septik.
- Diameter pipa minimal 50 mm karena tidak membawa padatan.
- Aliran yang terjadi dapat bervariasi.
- Aliran yang terjadi dalam pipa tidak harus memenuhi kecepatan selfcleansing karena tidak harus membawa padatan.
- Kecepatan maksimum 3m/det.



Gambar 2.8 Skema Small Bore Sewer

Kelebihan Sistem Riol Ukuran Kecil:

- Cocok untuk daerah dengan kerapatan penduduk sedang sampai tinggi terutama daerah yang telah menggunakan tangki septik tapi tanah sekitarnya sudah tidak mampu lagi menyerap effluen tangki septik.
- Biaya pemeliharaan relatif murah.
- Mengurangi kebutuhan air, karena saluran tidak mengalirkan padatan.
- Mengurangi kebutuhan pengolahan misalnya screening.
- Biasanya dibutuhkan di daerah yang tidak mempunyai lahan untuk bidangresapan atau bidang resapannya tidak efektif karena permeabilitasnya jelek.

Kekurangan Sistem Riol Ukuran Kecil antara lain:

- Memerlukan lahan untuk tangki.
- Memungkinkan untuk terjadi clogging karena diameter pipa yang kecil.

2.2.7 Sistem Penyaluran Tercampur

Sistem penyaluran tercampur merupakan sistem pengumpulan air buangan yang tercampur dengan air limpasan hujan (sugiharto 1987). Sistem ini digunakan apabila daerah pelayanan merupakan daerah padat dan sangat terbatas untuk membangun saluran air buangan yang terpisah dengan saluran air hujan, debit

masing–masing air buangan relatif kecil sehingga dapat disatukan, memiliki kuantitas air buangan dan air hujan yang tidak jauh berbeda serta memiliki fluktuasi curah hujan yang relatif kecil dari tahun ke tahun (Gambar 2.9).

Kelebihan sistem ini adalah hanya diperlukannya satu jaringan sistem penyaluran air buangan sehingga dalam operasi dan pemeliharannya akan lebih ekonomis. Selain itu terjadi pengurangan konsentrasi pencemar air buangan karena adanya pengenceran dari air hujan. Sedangkan kelemahannya adalah diperlukannya perhitungan debit air hujan dan air buangan yang cermat. Selain itu karena salurannya tertutup maka diperlukan ukuran riol yang berdiameter besar serta luas lahan yang cukup luas untuk menempatkan instalasi pengolahan buangan.



Gambar 2.9 Sistem Penyaluran Tercampur

2.2.8 Sistem Kombinasi

Pada sistem penyalurannya secara kombinasi dikenal juga dengan istilah interceptor, dimana air buangan dan air hujan disalurkan bersama-sama sampai

2.3.Sistem Perpipaan

Pada umumnya sistem perpipaan penyaluran air buangan terdiri dari:

1. Pipa Persil

Pipa persil adalah pipa saluran yang umumnya terletak di dalam rumah dan langsung menerima air buangan dari instalasi plambing bangunan. Memiliki diameter 3"- 4", kemiringan pipa 2%. Teknis penyambungannya antara debit dari persil dengan debit dari saluran pengumpul kecil sekali maka penyambungannya tegak lurus.

2. Pipa Servis

Pipa servis adalah pipa saluran yang menerima air buangan dari pipa persil yang kemudian akan menyalurkan air buangan tersebut ke pipa lateral. Diameter pipa servis sekitar 6"- 8", kemiringan pipa 0.5 - 1%. Lebar galian pemasangan pipa servis minimal 0,45 m dan dengan kedalaman benam awal 0.6 m. Sebaiknya pipa ini disambungkan ke pipa lateral di setiap manhole.

3. Pipa Lateral

Pipa lateral adalah pipa saluran yang menerima aliran dari pipa servis untuk dialirkan ke pipa cabang, terletak di sepanjang jalan sekitar daerah pelayanan. Diameter awal pipa lateral minimal 8", dengan kemiringan pipa sebesar 0,5 - 1%.

4. Pipa Cabang

Pipa cabang adalah pipa saluran yang menerima air buangan dari pipa-pipa lateral. Diameternya bervariasi tergantung dari debit yang mengalir pada masing-masing pipa. Kemiringan pipa asekitar 0,2 - 1%

5. Pipa Induk

Pipa induk adalah pipa utama yang menerima aliran air buangan dari pipa-pipa cabang dan meneruskannya ke lokasi instalasi pengolahan air buangan. Kemiringan pipanya sekitar 0,2 - 1 %.

2.4 Pola Jaringan Saluran

Pola –pola jaringan yang umumnya diterapkan pada sistem penyaluran air buangan (Ayi Fajarwati, penyaluran air buangan domestik 2000).

- Pola Perpendicular (Tegak Lurus)

Pola ini dapat diterapkan untuk sistem jaringan penyaluran air buangan pada sistem terpisah maupun tercampur, namun pada pola ini banyak diperlukan Bangunan Pengolahan Air Buangan (BPAB).

- Pola Interceptor

Pola interceptor adalah pola sistem campuran terkendali yaitu ke dalam pipa riol hulu dimasukkan sejumlah tertentu air hujan dengan pemasukkan terkendali. Ujung akhir riol hulu didesain melintas di atas riol interceptor, sedangkan outfall bypassnya menuju badan air penerima terdekat. Pola ini cocok untuk diterapkan di daerah pantai.

- Pola Zona

Pola Zona atau wilayah adalah pola yang diterapkan pada daerah pelayanan yang terbagi dua oleh adanya sungai di daerah pelayanan, dimana pipa penyebrangan atau siphon tidak mungkin atau sangat mahal untuk dibangun.

○ Pola Kipas

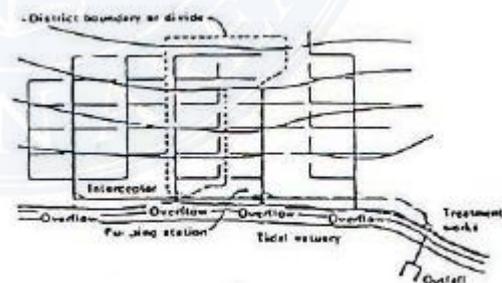
Pola kipas adalah pola yang dapat diterapkan pada daerah pelayanan yang terletak di suatu lembah. Pada pola ini pengumpulan aliran ke arah dalam dapat melalui lebih dari dua cabang saluran, yang kemudian bersatu dalam pipa utama menuju suatu outfall atau BPAB.

○ Pola Radial

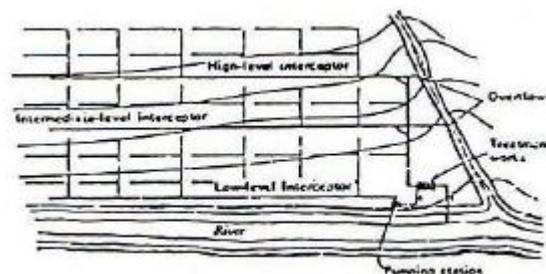
Pada pola radial, pengumpulan aliran dilakukan ke segala arah ke arah luar dimulai dari daerah tinggi, jalur yang ditempuh pendek-pendek sehingga diperlukan banyak BPAB.

Pola jaringan riol ini dapat dilihat pada Gambar 2.12

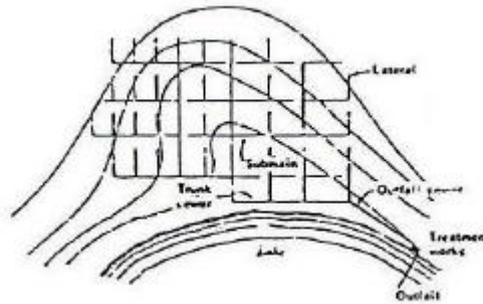
a. Pola Interceptor



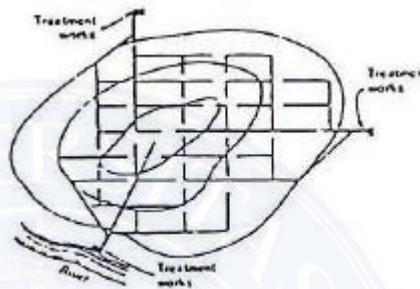
b. Pola Zona/wilayah



c. Pola Kipas



d. Pola Radial



Gambar 2.11 Pola Jaringan Riol

2.5 Bentuk dan Bahan Saluran

2.5.1 Bentuk Saluran

Dalam pemilihan bentuk saluran terdapat beberapa pertimbangan diantaranya:

- Segi konstruksi.
- Segi hidrolis pengaliran untuk menjamin pengaliran air buangan, kedalaman berenang minimum untuk sistem konvensional dan kecepatan aliran minimum harus terpenuhi.
- Ketersediaan tempat bagi penanaman saluran.
- Segi ekonomis dan teknis termasuk kemudahan memperoleh materialnya.

Bentuk saluran yang banyak digunakan dalam jaringan pengumpul air buangan adalah lingkaran bulat dan telur.

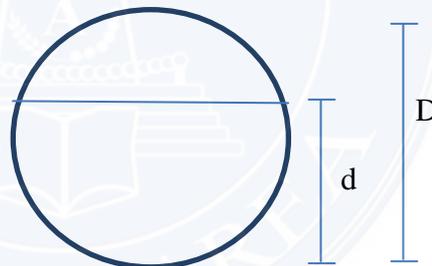
1. Bentuk Lingkaran

Saluran bentuk lingkaran lebih banyak digunakan pada kondisi debit aliran konstan dan aliran tertutup. Biasanya pipa persil dan servis berbentuk bulat lingkaran.

Kondisi umum pengaliran saluran bulat lingkaran adalah:

V max tercapai pada saat $d = 0.815 D$

Q max tercapai pada saat $d = 0.925 D$



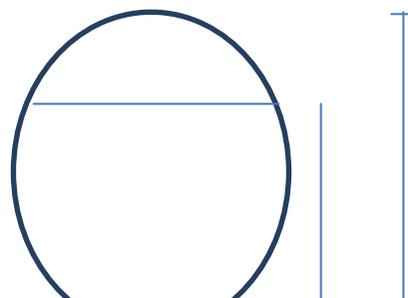
Gambar 2.12 Pipa Bulat Lingkaran

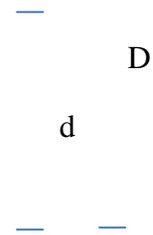
2. Bentuk Bulat Telur

Saluran bentuk bulat telur, digunakan pada kondisi debit aliran tidak konstan dengan aliran tertutup dimana kondisi:

V max tercapai pada saat $d = 0.89 D$

Q max tercapai pada saat $d = 0.94 D$





Gambar 2.13 Pipa Bulat Telur

Dari segi hidrolis, bentuk bulat telur ini mempunyai kelebihan:

- Kedalaman aliran lebih terjamin.
- Dapat mengatasi fluktuasi aliran dengan baik.

Kekurangan bentuk saluran ini:

- Pemasangan pipa bulat telur lebih rumit dan lebih lama.
- Mempunyai resiko tidak kedap yang lebih tinggi setelah penyambungan
- Sukar diperoleh.
- Harga pipa bulat telur lebih mahal.
- Satuan panjang pipa bulat telur lebih pendek daripada pipa bulat

Lingkarannya sehingga pemasangannya tidak efisien.

2.5.2 Bahan Saluran

Pemilihan bahan pipa perlu diperhitungkan dengan cermat, mengingat di negara - negara berkembang termasuk Indonesia, memiliki sumber daya bahan bahan perlengkapan dan dana yang terbatas.

Beberapa faktor yang menjadi bahan pertimbangan pemilihan bahan pipa adalah:

- Kondisi lapangan, drainase, topografi tanah.

- Sifat aliran dalam pipa, koefisien gesekan.
- Lifetime yang di harapkan.
- Tahan gesekan, asam,alkali,gas dan pelarut.
- Mudah penanganan dan pemasangannya.
- Kekuatan struktur dan tahan terhadap korosi tanah.
- Jenis sambungan saluran kemudahan pemasangannya serta kedap air dan Mudah diperoleh di pasaran.
- Tersedianya bahan, adanya pabrik pembuatan dan perlengkapannya.
- Tersedianya pekerja terampil dan tenaga ahli dalam riolering sehingga dapat memilih pipa yang tepat dan ekonomis.

Dalam penyaluran air buangan ada beberapa bahan pipa yang biasa digunakan, yaitu:

- Pipa tanah liat (clay pipe).
- Pipa beton (concrete pipe).
- Pipa asbes (asbestos cement pipe).
- Pipa besi (cast iron).
- Pipa HDPE (High Density Polythilen).
- Pipa PVC (Polyvinil Chlorida).

Berikut adalah tabel perbandingan bahan saluran yang dapat dijadikan pertimbangan dalam pemilihan bahan saluran:

Tabel 2.1 Perbandingan Bahan Saluran

Bahan	Diameter (inch)	Panjang (m)	Standar	Korosif Dan	Kekuat an	Jenis sambungan
-------	--------------------	----------------	---------	----------------	--------------	--------------------

				erosi		
1.Reinforced Concrete	12 -144	1.2-7.4	ASTMC 76	Tidak Tahan	Kuat	Bell spigot
2. Tanah Liat	4 – 48	1 - 2	ASTMC 700	Tahan	Mudah pecah	Mortar, rubber gasket
3. PipaAsbes	4 – 42	2.5	AWWAC 400	Tidak tahan	Kuat	Colar, rubber ring
4. Cast Iron	2 – 48	6.1	AWWAC 100	Tidak tahan	Sangat kuat	Bellspigot, Flanged Mechanical
5. Pipa Baja	8 – 252	1.2 -4.6	AWWAC 200	Tidak tahan	kuat	Bell spigot,socket
6. PVC	4 – 15	3.2	ASTMD 302	Tahan	Cukup	Flexible, rubber,gasket
7. HDPE	6 – 36	6.3	ASTM D3212	Tahan	Kuat	Rubbergasket,t ightbell, coupler.

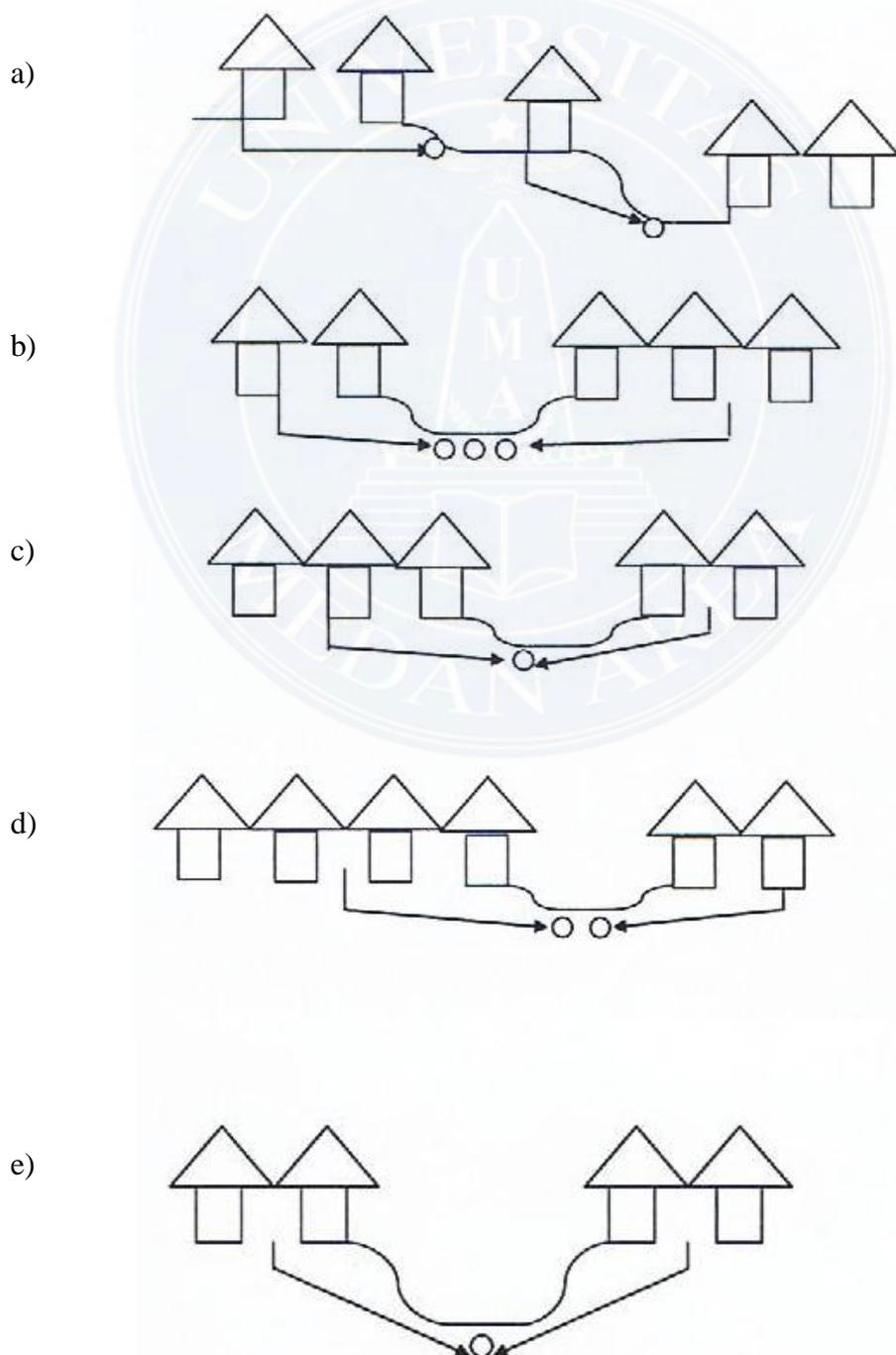
Sumber Metcalf &Eddy ,1991.

2.6 Penempatan dan Pemasangan Saluran

Berikut adalah beberapa alternatif penempatan dan pemasangan saluran berdasarkan keadaan/kondisi daerah pelayanan.

- Perletakan saluran dilakukan di tengah jalan, bila bagian kiri dan kanan jalan terdapat jumlah rumah yang hampir sama banyak.
- Perletakan saluran dilakukan pada jalan yang satu bagian sisi mempunyai jumlah rumah yang lebih banyak daripada sisi lainnya, saluran ditempatkan pada sisi jalan dengan jumlah rumah terbanyak.
- Saluran dapat diletakkan pada kiri dan kanan jalan jika kedua sisi jalan tersebut terdapat banyak sekali rumah atau bangunan.

- Untuk jalan dengan letak rumah atau bangunan di satu sisi lebih tinggi dari sisi lainnya, perletakan saluran dilakukan pada sisi jalan yang mempunyai elevasi lebih tinggi.
- Untuk jalan dengan kondisi jumlah bangunan sama banyak di kedua sisinya dan mempunyai elevasi lebih tinggi dari jalan, maka penempatan saluran dilakukan di tengah jalan.



Gambar 2.14 Penempatan dan Pemasangan Saluran

2.7 Kedalaman Penanaman Pipa

Kedalaman penanaman pipa air buangan tergantung dari fungsi pipa itu sendiri. Jenis pipa menurut fungsinya adalah pipa persil, servis, lateral, dan induk.

Kedalaman awal pemasangan pipa:

- Pipa Persil → (0.45-1.00) meter dari permukaan tanah.
- Pipa Servis → (0.88-1.20) meter dari permukaan tanah.
- Pipa awal lateral → (0.88-1.20) meter dari permukaan tanah.

Kedalaman akhir benam maksimum pipa induk dan cabang disyaratkan tidak lebih dari 7 meter jika lebih dari 7 meter maka harus dinaikkan dengan pompa.

2.8 Sistem Penyaluran Air Buangan

2.8.1 Jenis Aliran

Jenis aliran yang berlangsung dalam sistem penyaluran air buangan:

a. Aliran Terbuka

Terjadi pada seluruh perpipaian air buangan. Karakteristik dari aliran terbuka ini adalah :

- Alirannya secara gravitasi.
- Unsteady (debit berubah terhadap waktu) dan kadang – kadang non-uniform (tidak seragam).
- Alirannya harus dapat menangkut material-material yang terkandung dalam air buangan.

b. Aliran air buangan bertekanan hidrolis.

Terjadi pada pipa siphon dan pipa perpompaan. Karakteristik dari aliran ini adalah:

- Alirannya berlangsung karena tekanan hidrolis.
- Steady dan uniform.
- Waktu berlangsungnya harus singkat (<10 menit) untuk mencegah septik. Bila melebihi 10 menit harus diinjeksikan udara dengan debit 1 liter/menit/mm diameter pipa.

2.8.2 Persyaratan Aliran Air Buangan.

Aliran dalam perpipaan air buangan terutama untuk sistem konvensional (untuk sistem small bore sewer tidak diharuskan) harus memenuhi persyaratan:

- Self cleansing.
- Bebas dari terbentuknya H₂S dan endapan.
- Tidak menggerus.

1. Aliran yang self cleansing

Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk aliran self cleansing (terutama untuk sistem konvensional, untuk sistem small bore sewer tidak diharuskan) yaitu:

- Aliran yang self cleansing harus memenuhi kriteria aliran dengan tegangan geser(T_c) sebesar = 0.33 – 0.38 kg/m. Kecepatan aliran terendah pada saat debit puncak berlangsung harus berkisar antara 0.6 – 3.0 m/detik.
- Kecepatan alirannya tidak mengakibatkan timbulnya gas hydrogen sulfide dan endapan.

Tabel 2.2 Kemiringan Saluran untuk Tiap Diameter.

No.	Diameter (Φ)		Kemiringan (%)	Tipikal
	Inch	mm		
1	4	100	0.45 – 7.4	1.2
2	6	150	0.40 – 4.93	0.6
3	8	200	0.39 – 3.70	0.4
4	10	250	0.29 – 2.96	0.38
5	12	300	0.22 – 2.47	0.37
6	14	350	0.17 – 2.11	0.37
7	15	400	0.15 – 1.85	0.36
8	16	410	0.14 – 1.64	0.36
9	18	460	0.12 – 1.64	0.36
10	21	530	0.10 – 1.34	0.36
11	24	610	0.08 – 1.23	0.36
12	27	690	0.07 – 1.06	0.35
13	30	760	0.06 – 2.99	0.35
14	36	910	0.05 – 0.82	0.35
15	42	1050	0.04 – 0.74	0.35

16	48	1200	0.03 – 0.74	0.35
17	54	1370	0.03 – 0.74	0.35

Sumber: Metcalf & Eddy, 1991.

2. Aliran yang tidak menggerus

Penggerusan pada dinding perpipaan terjadi bila:

- Aliran melebihi batas kecepatan maksimal ($V > 3$ m/det)
- Terjadi aliran kritis apabila aliran memiliki nilai bilangan Froude, $Fr=1$. Bila $Fr > 1$ maka aliran bersifat super kritis, kondisi seperti ini dapat merusak saluran dikarenakan kecepatan alirannya tinggi serta menimbulkan turbulensi yang memungkinkan terjadinya penggerusan serta terjadi olakan yang cukup efektif untuk mempermudah lepasnya H_2S dari air.
- Aliran kritis dalam SPAB terjadi pada:
 - a. Perubahan kemiringan saluran

Pada perubahan kemiringan (di manhole) akan terjadi perubahan garis energi yang mempengaruhi karakteristik aliran.

Persamaan kedalaman kritis.

$$D_c/D = 0.9/(q/A(gd)^{0.54}) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

D_c : Kedalaman kritis

D :Diameter

Q :Debit (m³/detik)

b. Loncatan Hidrolis

Loncatan hidrolis perlu diperhatikan karena pada kondisi ini terjadi turbulensi sehingga gas yang terlarut dalam air buangan akan terlepas ke udara dan akan mengakibatkan kerusakan dinding pipa baik akibat korosifitas maupun gaya gesek aliran turbulensi. Dalam perencanaan penyaluran air buangan, loncatan kuat yang turbulen harus dihindari karena memiliki bilangan froude > 2.5 yang mencerminkan aliran yang turbulen.

c. Terjunan

Terjunan sangat berpotensi menimbulkan kerusakan pipa, untuk mengatasinya diusahakan pendesainan kemiringan saluran di hilir sekecil mungkin, yang akan mengakibatkan panjang loncatan diperkecil dan kedalaman meningkat sehingga efek loncatan dapat diperkecil (Fr kecil). Dalam SPAB terjunan biasanya terjadi pada drop manhole.

d. Belokan

Yang perlu diperhatikan dari belokan adalah kehilangan tekan akibat perubahan arah oleh karena itu dalam perancangan, kehilangan tekan yang besar harus dihindari.

e. Pertemuan dua ruas saluran

Yang perlu diperhatikan pada pertemuan dua saluran ini adalah kondisi aliran sebelum dan sesudah pertemuan, tetap berlangsung seragam dan tidak mengalami perubahan karakteristik aliran.

2.8.3 Dasar – Dasar Perhitungan

1. Persamaan Kontinuitas

Untuk suatu aliran tunak (steady), persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut:

$$Q = A \times v = \text{konstan} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan: Q : Debit aliran (m³/detik)

A : Luas penampang melintang saluran (m²)

V : Kecepatan aliran (m/detik)

2. Dimensi Saluran

Setelah didapatkan debit aliran puncak dalam setiap sektor pelayanan kemudian dikalikan suatu faktor sehingga didapatkan debit pada saat penuh, baru dilakukan pendimensian pipa, yang pertama kali yang dilakukan dalam pendimensian adalah menghitung kemiringan tanah, yang dihitung dengan persamaan.

$$St = (E1-E2)/L \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan: St : slope tanah

E1 : elevasi tanah hulu (m)

E2 : elevasi tanah hilir (m)

L : jarak (m)

Setelah kemiringan tanah diketahui, akan didapatkan kemiringan saluran. Kemiringan saluran awal bisa diperkirakan dengan menganggap pipa induk sebagai satu pipa yang panjang. Kedalaman penanaman pipa di awal dan di akhir ditentukan. Setelah itu dihitung kemiringannya dengan persamaan diatas. Untuk menentukan kecepatan aliran digunakan Nomogram Manning, dengan menggunakan nilai kemiringan yang telah didapat. Jika kecepatan aliran tidak memenuhi syarat maka perhitungan dimulai lagi dengan cara menetapkan kecepatan yang memenuhi syarat pengaliran terlebih dahulu. Di dalam metode ini digunakan istilah kecepatan penuh sebagai media perhitungan.

Perhitungan dimensi pipa secara detail dilakukan setelah didapat kecepatan aliran yang memenuhi syarat. Persamaan yang di gunakan untuk mendapatkan dimensi pipa adalah sebagai berikut:

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

V : Kecepatan aliran (m/det)

Q : Debit aliran (m³/det)

n : Koefisien kekasaran

A : Luas penampang basah aliran

R : Jari-jari hidrolis aliran (m²)

S : Kemiringan saluran

D : Diameter pipa (m)

Jika kecepatan aliran air buangan diinginkan untuk memenuhi persyaratan kecepatan swa bersih, maka persamaan lain yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

$$D = 1.23 (Q_{pb})^{0.4} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

D : Diameter Pipa (m)

Q_{pb} : Debit puncak musim basah (m³/detik)

2.8.4 Fluktuasi Pengaliran

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kuantitas air buangan dan menjadi pertimbangan dalam perhitungan yaitu:

- Sumber air buangan
- Besarnya pemakaian air minum
- Besarnya curah hujan

Berdasarkan faktor-faktor di atas, maka dalam perencanaan saluran air buangan ada beberapa jenis debit air buangan yang menjadi dasar penentuan yaitu:

- Debit rata-rata air buangan (Q_r)
- Debit inflow (Q_{inf})
- Debit harian maksimum harian (Q_{md})
- Debit puncak air buangan (Q_{peak})
- Debit minimum air buangan (Q_{min})

1. Debit Rata-Rata (Q_r)

Debit rata-rata air buangan yang berasal dari rumah tangga, fasilitas umum, fasilitas komersil dalam sebuah kota. Dari semua fasilitas tersebut, tidak semua terbuang menjadi air buangan dan terkumpul di saluran. Hal ini disebabkan

karena beragamnya aktivitas yang dilakukan manusia. Menurut literatur, faktor timbulan air buangan berkisar antara 50%-80%. Untuk menghitung debit rata-rata digunakan persamaan berikut:

$$Q_r = F_{ab} \times Q_{am} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

Q_r : Debit rata – rata air buangan (L/detik)

F_{ab} : Faktor timbulan air buangan

Q_{am} : Besarnya kebutuhan rata-rata air minum (L/det)

2. Debit Rata-Rata Non Domestik

Debit rata-rata non domestik adalah debit air buangan yang berasal dari fasilitas umum, institusional, industri dan pemerintahan. Besarnya debit air buangan non domestik tergantung dari pemakaian air dan jumlah penghuni fasilitas-fasilitas tersebut.

$$Q_{nd} = F_{ab} \times Q_{am}(nd) \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

Q_{nd} : Debit rata-rata air buangan non domestik (L/detik).

F_{ab} : Faktor timbulan air buangan.

$Q_{am}(nd)$: Besarnya kebutuhan rata-rata air minum non domestik.

3. Debit Infiltrasi

Dalam suatu sistem penyaluran air buangan, terdapat kemungkinan terjadinya penambahan jumlah air yang masuk ke saluran yang berasal dari infiltrasi air tanah dan resapan air hujan. Dalam kondisi ideal, air yang masuk

maupun keluar dari sistem penyaluran tidak dibenarkan, tetapi infiltrasi tidak dapat dihindarkan sepenuhnya karena hal berikut:

- Jenis-jenis bahan saluran dan bahan sambungan yang digunakan.
- Pengerjaan sambungan pipa yang kurang sempurna.
- Kondisi tanah dan air tanah.

Persamaan yang dipakai untuk menghitung debit infiltrasi yaitu:

$$Q_{inf} = Cr.P.Q_r + L.q_{inf} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

Q_{inf} : Debit infiltrasi (L/detik)

Q_r : Debit rata-rata air buangan (L/detik)

q_{inf} : Debit inflow (L/detik)

Cr : Koef.infiltrasi rata-rata daerah persil = 0.2-0.3

P : Populasi

L : Panjang lajur pipa lateral (km).

4. Debit Puncak (Q_{peak})

Debit puncak didapat dari hasil perkalian antara faktor puncak dengan debit rata-rata. Untuk menghitung faktor puncak dari beberapa literatur diketahui sebagai berikut:

1. Persamaan Babbitt $F_p = 5/P^{0.2} \dots \dots \dots (2.9)$

2. Persamaan Harmon $F_p = 14/(4+p^{0.5}) \dots \dots \dots (2.10)$

3. Persamaan Fair & Geyer $F_p = (18+(P)^{0.5})/(4+P)^{0.5} \dots \dots \dots (2.11)$

4. Persamaan Melbourne & Metropolitan Board Of Works (MMBW)

$$F_p = (2.25+(15 \times 106)/P^{1.414})^{1/6} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

Fp : Faktor puncak.

P : Jumlah Penduduk.

Untuk mencapai debit puncak, persamaan yang digunakan adalah:

$$Q_{\text{peak}} = F_p \times Q_{\text{md}} + C_r \cdot P \cdot Q_r + L / q_{\text{inf}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan:

P : Jumlah Populasi yang dilayani (jiwa).

Qmd : Debit maksimal = 1.15 Qr (L/detik)

Qr : Debit rata-rata (L/detik)

L : Panjang pipa (m).

Cr : Koefisien infiltrasi daerah persil = 0.2

qinf : Debit Infiltrasi

5. Debit Minimum Air Buangan (Qmin)

Debit minimum adalah debit air buangan pada saat pemakaian air minimum. Debit minimum ini digunakan dalam menentukan kedalaman minimum, untuk menentukan perlu tidaknya penggelontoran.

2.9 Beban di Atas Saluran

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya pembebanan pada saluran:

1. Kedalaman pemasangan saluran.
2. Lebar Galian.
3. Berat dan kerapatan tanah penimbun.
4. Volume beban bergerak di atas saluran.
 - a. Pembebanan Saluran Akibat Beban Diam

Besarnya beban vertikal pada saluran akibat timbunan dihitung dengan persamaan Marston.

$$W = c \times w \times B^2 \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

W : Beban diatas pipa (Newton/m).

C : koefisien pembebanan tergantung jenis tanah dan perbandingan kedalaman dan lebar pasir galian.

W : berat jenis tanah penimbunan (Kg/m³).

B : $1.5d + c \rightarrow d$: diameter pipa (m).

b. Pembebanan saluran akibat beban bergerak (Roda Kendaraan)

Pembebanan saluran akibat beban bergerak diperhitungkan sebagai persentase dari beban diam. Sedangkan total pembebanan yang diterima saluran adalah penjumlahan dari pembebanan akibat beban diam dan akibat beban bergerak.

2.10 Perlengkapan Saluran

Adapun yang termasuk perlengkapan saluran antara lain :

2.10.1 Manhole

Manhole adalah salah satu bangunan perlengkapan sistem penyaluran air buangan yang berfungsi sebagai tempat memeriksa, memperbaiki, dan membersihkan saluran dari kotoran yang mengendap dan benda-benda yang tersangkut selama pengaliran, serta untuk mempertemukan beberapa cabang saluran, baik dengan ketinggian sama maupun berbeda.

Manhole dapat ditempatkan pada:

- Permulaan saluran lateral.

- Setiap perubahan arah: vertikal, yaitu pada ketinggian terjunan lebih besar dari dua kali diameter digunakan jenis drop manhole. Horizontal, pada belokan lebih besar 22.5o.
- Setiap perubahan diameter.
- Setiap perubahan bangunan.
- Setiap pertemuan atau percabangan beberapa pipa.
- Setiap terjadi perubahan kemiringan lebih besar dari 45o.
- Sepanjang jalan lurus, dengan jarak tertentu dan sangat tergantung pada diameter saluran.

a. Penempatan dan jarak antar Manhole

Berikut adalah tabel jarak perletakan manhole menurut diameter saluran.

Tabel 2.3 Jarak Manhole Menurut Diameter

Diameter (mm)	Jarak Antar Manhole (m)
< 200	50 – 100
200 – 500	100 – 125
500 – 1000	125 – 150
>1000	150 – 200

Sumber: Hardjosuprpto, 2000.

Salah satu syarat utama manhole adalah besarnya diameter manhole harus cukup untuk pekerja dan peralatannya masuk kedalam serta dapat mudah melakukan pekerjaannya, diameter manhole bervariasi sesuai dengan kedalaman manhole.

Berikut adalah tabel ukuran diameter manhole menurut kedalaman:

Tabel 2.4 Diameter manhole menurut kedalaman

Kedalaman (m)	Diameter (m)
< 0.8	0.75
0.8 – 2.5	1.00 – 1.20
> 2.5	1.20 – 1.80

Sumber: Hardjosuprpto, 2000.

b. Bentuk dan Dimensi Manhole

Terdapat beberapa bentuk manhole yang dapat digunakan untuk daerah pelayanan dengan kondisi tertentu:

1. Bentuk persegi panjang atau bujur sangkar, digunakan apabila
 - Kedalaman kecil (75-90 cm).
 - Pada bangunan siphon, dimensi 60 cm x 75 cm, 75 cm x 75 cm tidak memerlukan tangga karena pengoperasiannya cukup dari permukaan tanah.
2. Bentuk bulat, digunakan apabila
 - Beban yang diterima besar, baik vertikal maupun horizontal.
 - Kedalaman besar.
 - Dimensinya berdasarkan kedalaman.

c. Kriteria Manhole

Berikut adalah kriteria/persyaratan manhole:

- Manhole harus ditutup dengan tutup yang dilengkapi kunci, agar tidak dibuka/dicuri oleh orang yang tidak bertanggung jawab.
- Bersifat padat dan kokoh.
- Kuat menahan gaya-gaya dari luar.
- Accessibility tinggi, tangga dari bahan anti korosi.
- Dinding dan pondasinya kedap air.

- Terbuat dari beton atau pasangan batu kali. Jika diameternya > 2.50 m, konstruksinya beton bertulang.
- Bagian atas dinding manhole, sebagai perletakan tutup manhole, merupakan konstruksi yang flexibel, agar dapat selalu disesuaikan dengan level permukaan jalan yang mungkin berubah, sehingga tutup manhole tidak menonjol atau tenggelam terhadap permukaan jalan. - Beban yang diterima kecil.

d. Konstruksi Manhole

Ketebalan dinding manhole serta lantai kerja tergantung pada:

- Kedalaman.
- Kondisi Tanah.
- Beban yang diterima.
- Material yang digunakan.

Umumnya ketebalan manhole adalah 5” – 9” (125–225 mm)

Perumusan ketebalan dinding

$$T = 2 + d/2 \text{ (inchi)}$$

D = diameter manhole (ft)

Bahan yang digunakan adalah konstruksi beton, pasangan batu kali, pasangan batu bata. Pada bagian atasnya digunakan ‘precast concrete’.

e. Lantai Kerja

Persyaratan lantai kerja adalah luasnya cukup untuk orang berdiri dan menyimpan peralatan pembersih. Kemiringan lantai dasar 8%. Persyaratan

ketebalan lantai dasar sama dengan ketebalan dinding manhole. Untuk saluran berdiameter besar, lantai dasarnya berupa papan injakan yang ditempatkan melintang saluran atau pada salah satu dinding manhole.

f. Saluran pada manhole

Saluran pada manhole dapat berbentuk U (U-shaped) atau setengah lingkaran. Kedalaman saluran sama dengan diameter pipa air buangan agar tidak terjadi luapan pada lantai dasar. Kemiringan salurannya 2.5%. Permukaan saluran dilapisi dengan semen sehingga halus. Untuk kondisi tanah yang buruk, digunakan sambungan flexible point.

2.10.2 Drop Manhole

Drop Manhole adalah bangunan yang dipasang jika elevasi permukaan air pada riol penerima lebih rendah dan mempunyai perbedaan ketinggian lebih besar dari 0.6 meter (2 ft) terhadap dasar riol pemasukkannya dalam satu manhole pertemuan. Sebelum sampai di riol pertemuan itu, riol pemasukkannya harus dibelokkan terlebih dahulu miring atau vertikal ke bawah di luar manhole dengan sambungan Y atau T.

Drop Manhole berfungsi untuk menghindari terjadinya spalshing air buangan yang dapat merusak dasar manhole serta mengganggu operator. Selain itu drop manhole pun berfungsi untuk mengurangi pelepasan H₂S yang terbentuk dalam saluran.

Dua jenis drop manhole yang sering digunakan:

- a. Tipe Z (pipa drop 900)
- b. Tipe Y (pipa drop 450)

2.10.3 Terminal Clean Out

Cleanout adalah bangunan pelengkap saluran yang biasanya diletakkan pada ujung awal saluran, pada jarak 150-200 ft dari manhole. Jarak antar cleanout berkisar 250-300 ft. Cleanout berfungsi sebagai:

- Tempat untuk memasukkan alat pembersih ujung awal pipa servis/lateral.
- Tempat memasukkan alat penerangan saat dilakukan pemeriksaan.
- Tempat pemasukkan air penggelontor sewaktu diperlukan.
- Menunjang kinerja manhole dan bangunan penggelontor.
- Turut berperan dalam proses sirkulasi udara.
- Ukuran pipa terminal cleanout sama dengan diameter pipa air buangan namun untuk menghemat biaya digunakan pipa tegak berdiameter 8".

2.10.4 Siphon

Siphon merupakan bangunan perlintasan aliran dengan defleksi vertikal / miring. Misalnya, bila saluran harus melintasi sungai, jalan kereta api, jalan raya rendah, saluran irigasi, lembah, dan sebagainya, dimana elevasi dasarnya lebih rendah dari elevasi dasar saluran riol.

- a. Kriteria perencanaan
 - Diameter minimum 15 cm namun untuk memberikan kecepatan yang lebih tinggi diameter bisa lebih kecil (minimal 10 cm) namun untuk menghindari penyumbatan siphon harus dilengkapi pipa penguras (drain).
 - Pipa harus terisi penuh.

- Kecepatan pengaliran harus konstan agar mampu menghanyutkan kotoran atau buangan padat, kecepatan desain biasanya lebih besar (0.6-0.9) m/detik.
- Dibuat tidak terlalu tajam agar mudah dalam pemeliharaan.
- Perencanaan harus mempertimbangkan debit minimum, rata-rata, dan maksimum.
- Pada awal dan akhir siphon harus dibuat sumur pemeriksaan untuk memudahkan pembersihan.

b. Pendimensian

Dimensi pipa siphon dapat dihitung dengan persamaan kontinuitas

$$Q = A.V = \frac{1}{4} \pi D^2 V \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

Q : Debit air buangan (m³/detik)

V : Kecepatan aliran dalam siphon (m/detik)

D : Diameter pipa siphon (m)

c. Kehilangan Tekanan

Kehilangan tekanan dalam siphon berperan dalam perencanaan siphon, dengan mengetahui kehilangan tekanan maka perbedaan ketinggian awal dan akhir saluran siphon dapat ditentukan dengan tepat.

Berikut persamaan untuk menentukan kehilangan tekanan:

$$h = \frac{v^2}{2g} (1+a+b.L/D) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$a = \frac{1}{v} - 1$$

$$b = 1,5 (0.019819+0.0005078)$$

Keterangan:

h : Kehilangan tekanan sepanjang siphon

a : Koefisien kontraksi pada mulut dan belokan pipa

b : Koefisien gaya gesek antar air dengan pipa

L : Panjang pipa

D : Diameter pipa

Agar pengaliran berjalan lancar, elevasi awal siphon harus lebih tinggi dari elevasi akhir siphon. Tinggi yang dibutuhkan adalah headloss selama pengaliran yang berasal dari entrance loss, headloss sepanjang pipa dan headloss dibelokan.

d. Inlet Chamber

Inlet chamber berfungsi sebagai bangunan peralihan dari pipa air buangan yang sifat alirannya terbuka menuju pipa siphon yang sifat alirannya bertekanan, selain itu inlet chamber pun berfungsi untuk mendistribusikan air buangan ke dalam masing-masing pipa siphon sesuai dengan kondisi alirannya. Inlet chamber berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang yang dilengkapi dengan unit pembagi aliran.

Dimensi:

- ❖ Lebar = diameter pipa air buangan + diameter pipa siphon aliran rata-rata + diameter pipa siphon aliran max + 2".
- ❖ Panjangnya disesuaikan dengan panjang manhole.
- ❖ Ketinggiannya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terjadi overflow ke dalam manhole di sampingnya.

e. Outlet chamber

Fungsi outlet chamber adalah kebalikan dari inlet chamber. Bentuk dimensinya sama dengan inlet chamber hanya dilengkapi dengan sekat dan terjunan agar alirannya tidak kembali masuk ke pipa siphon lainnya. Dimensi sekat memiliki ketinggian yang disesuaikan dengan kedalaman alirannya sedangkan ketinggian terjunan dipertimbangkan terhadap kedalaman penanaman pipa air buangan.

f. Drain

Untuk pembersihan pipa bagian dasar, diperlukan pipa drain yang menyalurkan kotorannya ke bak penampung yang terdapat dalam manhole, selanjutnya dipompa. Bentuknya berupa pipa horizontal yang dihubungkan dengan pipa siphon dan menggunakan 'Y connection' serta dilengkapi dengan valve. Diameternya sama dengan diameter pipa siphon. Tempat penyambungannya pada bagian sisi pipa siphon yang menurun.

2.10.5 Bangunan Penggelontor

Bangunan penggelontor berfungsi untuk mencegah pengendapan kotoran dalam saluran, mencegah pembusukkan kotoran dalam saluran, dan menjaga kedalaman air pada saluran. Penggelontoran diperlukan untuk penyaluran air buangan dengan sistem konvensional, sementara penyaluran air buangan dengan menggunakan sistem Small Bore Sewer (SBS), tidak memerlukan penggelontoran, karena pipa saluran hanya mengalirkan effluent cair dari air buangan tidak berikut padatnya.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan pada bangunan penggelontor ini adalah, air penggelontor harus bersih tidak mengandung lumpur, pasir, dan tidak asam. Basa atau asin, selain itu air penggelontor tidak boleh mengotori saluran.

a. Jenis Penggelontoran

Berdasarkan kontinuitasnya, penggelontoran dibagi menjadi dua:

1. Sistem Kontinu

Pengelontoran dengan sistem kontinu, adalah sistem dimana penggelontoran dilakukan secara terus menerus dengan debit konstan. Dalam perencanaan dimensi saluran tambahan debit air buangan dari penggelontoran harus diperhitungkan.

Dengan menggunakan sistem kontinu maka, kedalaman renang selalu tercapai, kecepatan aliran dapat diatur, syarat pengaliran dapat terpenuhi, tidak memerlukan bangunan penggelontor di sepanjang jalur pipa, tetapi cukup berupa bangunan pada awal saluran atau dapat berupa terminal cleanout yang dihubungkan dengan pipa transmisi air penggelontor. Selain itu, kelebihan dari penggunaan sistem kontinu ini adalah kemungkinan saluran tersumbat kecil, dapat terjadi pengenceran air buangan, serta pengoperasiannya mudah.

Sedangkan kekurangannya yaitu, debit penggelontoran yang konstan memerlukan dimensi saluran lebih besar, terjadi penambahan beban hidrolis pada BPAB.

2. Sistem Periodik

Dalam sistem periodik, penggelontoran dilakukan secara berkala pada kondisi aliran minimum. Penggelontoran dilakukan minimal

sekali dalam sehari. Dengan sistem periodik, penggelontoran dapat diatur sewaktu diperlukan, debit gelontor akan sesuai dengan kebutuhan.

Dimensi saluran relatif tidak besar karena debit gelontor tidak diperhitungkan. Penggunaan sistem penggelontoran secara periodik, akan menyebabkan lebih banyaknya unit bangunan penggelontor di sepanjang saluran, selain itu ada kemungkinan pula saluran tersumbat oleh kotoran yang tertinggal.

b. Volume Air Penggelontor

Volume air gelontor tergantung pada:

- Diameter saluran yang digelontor
- Panjang pipa yang digelontor
- Kedalaman minimum aliran pada pipa yang digelontor.

Untuk perencanaan penggelontoran sistem kontinu perhitungannya dilakukan bersama dengan perhitungan dimensi penyaluran air buangan, sedangkan untuk sistem periodik perhitungan perencanaannya sebagai berikut:

$$V \text{ gelontor} = t_g \times Q_g \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

V gelontor : Volume air gelontor (m³)

T_g : Waktu gelontor (detik)

Q_g : Debit air gelontor (m³/detik)

c. Alternatif Sumber Air Penggelontor

Air penggelontor dapat berasal dari berbagai sumber. Air penggelontor dapat berasal dari air buangan dalam pipa riol itu sendiri atau air dari luar seperti air tanah, air hujan, air PDAM, air sungai, danau dan sebagainya. Air penggelontor yang dari luar harus tawar (bukan air asin), untuk menghindari terjadinya penambahan kadar endapan/suspensi atau kadar kekerasan dan kontaminan yang lebih besar.

2.10.6 Junction dan Transition

Junction adalah bangunan pelengkap yang berfungsi untuk menyambungkan satu atau lebih saluran pada satu titik temu dengan saluran induk. Junction ini dilengkapi dengan manhole agar memudahkan pemeliharaan, karena penyumbatan akibat akumulasi lumpur sering terjadi.

Transition adalah bangunan pelengkap yang berfungsi untuk menyambung saluran bila terjadi perubahan diameter dan kemiringan. Transition juga dilengkapi dengan manhole.

Junction dan transition dapat menyebabkan berkurangnya energi aliran, untuk memperkecil kehilangan energi, maka perlu dipenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut:

- ❖ Kecepatan aliran dari setiap saluran yang bersatu harus seragam
- ❖ Dinding saluran dibuat selicin mungkin

- ❖ Perubahan sudut aliran pada junction tidak boleh terlalu tajam. Sudut pertemuan antara saluran yang masuk (saluran cabang) dan saluran yang keluar (saluran utama) maksimum 45°.

2.10.7 Belokan

Dalam pembuatan belokan harus diperhatikan beberapa hal, yaitu:

- Dinding saluran harus selicin mungkin.
- Bentuk saluran harus seragam, baik radius maupun kemiringan saluran.
- Untuk mempermudah pemeriksaan terhadap clogging, perlu dibuat manhole.
- Untuk meminimalisir kehilangan energi akibat belokan, maka perlu dihindari radius lengkung belokan yang sangat pendek. Batas bentuk radius lengkungan dari pusat adalah lebih besar dari 3 kali diameter saluran.
- Dihindari adanya perubahan penampang melintang saluran.

2.10.8 Stasiun pompa

Stasiun pompa terdiri sumuran pengumpul (wet well / sump well) yang berfungsi sebagai suatu reservoir penyeimbang untuk menahan perbedaan volume air buangan yang masuk dan volume air buangan yang dapat dikeluarkan pompa, juga sebagai bak ekualisasi untuk memperkecil beban fluktuasi pompa. Jumlah dan lokasi stasiun pompa biasanya ditentukan dari perbandingan biaya konstruksi dan operasi serta perawatan, dengan biaya konstruksi dan perawatan saluran berdiameter besar dan dangkal. Jenis pompa untuk air buangan diantaranya:

- 1) Pompa sentrifugal

- 2) Pneumatic ejector
- 3) Screw pump

Untuk penyaluran air buangan, umumnya digunakan pompa sentrifugal bertipe non clogging, yang dapat membawa air buangan yang mengandung partikel padat.

Klasifikasi pompa sentrifugal:

- 1) Axial flow/propeller pumps
- 2) Mixed flow/angle flow
- 3) Radial flow pump

Penggolongan klasifikasi pompa ini biasanya ditentukan oleh spesifik speed (N_s) pada titik efisiensi maksimum dan dapat dilihat sebagai berikut :

$$N_s = N \cdot Q^{1/2} (H^{3/4}) \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan:

N : Rotasi impeller (rpm)

Q : Debit pada efisiensi optimum

H : Total head (feet)

Operasi pompa sentrifugal pada N_s yang rendah mempunyai efisiensi yang tinggi.

2.10.9 Ventilasi

Ventilasi adalah bangunan pelengkap sistem penyaluran air buangan yang berfungsi:

- ❖ Untuk mencegah terakumulasinya gas-gas yang eksplosif dan juga gas-gas yang korosif.
- ❖ Untuk mencegah terlepasnya gas-gas berbau yang terkumpul pada saluran.

- ❖ Untuk mencegah timbulnya H₂S sebagai dekomposisi zat-zat organik dalam saluran.
- ❖ Untuk mencegah terjadinya tekanan di atas dan di bawah tekanan atmosfer yang dapat menyebabkan aliran balik pada water seal alat-alat palmbing.

