

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan Sistem Perpindahan

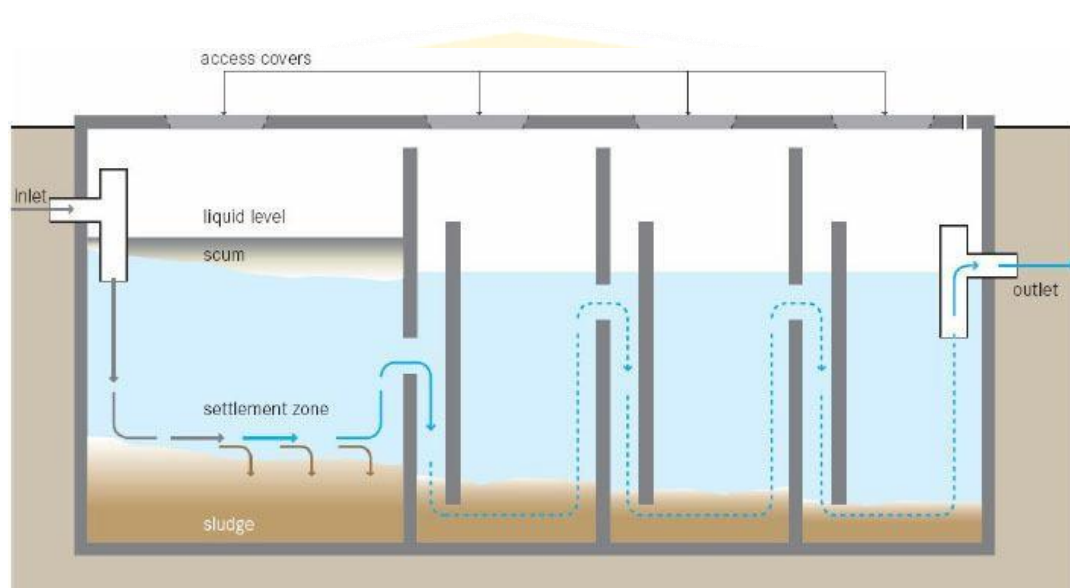
Pemilihan opsi teknologi sistem pengolahan air limbah sangat tergantung kepada kebutuhan atau kapasitas pengolahan kondisi lingkungan kepadatan penduduk, ketersediaan lahan, ketinggian muka air tanah, serta kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharannya. Sebelum perencanaan rinci (DED) IPAL Komunal dengan sistem perpipaan harus dikonsultasikan dengan DPIU/Kasatker PIP Kab/Kota/PPIU terlebih dahulu untuk pemilihan opsi teknologi pengolahan dan jenis IPAL Komunal dengan sistem perpipaan yang sesuai dengan kebutuhan. Untuk daerah spesifik, seperti daerah pantai, daerah rumah panggung, daerah wilayah sungai, daerah rawa dan MAT Tinggi, daerah banjir, pilihan opsi teknologi pengolahan dan jenis IPAL Komunal dengan sistem perpipaan harus dikonsultasikan dengan DPIU/Kasatker PIP Kabupaten/Kota atau PPIU. Petunjuk Teknis ini adalah pengolahan dengan teknologi *Anaerobik Baffled Reactor dan Anaerobic Up flow Filter*.

Tipikal proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob aerob yang terdiri dari beberapa proses kegiatan dialirkan melalui saluran pembuang ke bak pengumpul kecuali yang mengandung logam berat dan pelarut kimia. Air limbah yang berasal dari dapur (kantin) dialirkan ke bak pemisah lemak (*grease trap*) dan selanjutnya dilairkan ke bak pengumpul. Air limbah yang berasal dari kegiatan laundry dialirkan ke bak pengolahan awal untuk menghilangkan busa, selanjutnya dialirkan ke bak pengumpul. Air limbah yang berasal dari limbah domestik non toilet dialirkan ke bak screen atau bak kontrol dan selanjutnya dialirkan ke bak penumpul. Air limbah toilet dialirkan ke tangki septik, selanjutnya air limpasannya (*overflow*) dialirkan ke bak pengumpul. Air limbah yang berasal dari laboratorium dialirkan ke proses pengolahan awal dengan cara pengendapan kimia dan air olahannya dialirkan ke bak pengumpul. Air limbah yang berasal dari ruang operasi dialirkan langsung ke bak pengumpul. Aliran air limbah dari sumber ke bak pengumpul dilakukan secara gravitasi sedangkan dari bak

pengumpul ke sistem IPAL dilakukan dengan sistem pemompaan. Dari bak pengumpul, air limbah dipompa ke bak pemisah lemak atau minyak.

## 2.2 Anaerobik Baffled Reactor (ABR)

*Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) adalah tangki septik yang lebih baik, terdiri dari beberapa seri dinding antar/sekat yang menyebabkan air limbah yang datang tertekan untuk mengalir. Kontak waktu yang lama dengan biomassa/lumpur aktif menghasilkan pengolahan yang lebih baik.



Gambar. 2.1. Bak pengolahan dengan sistem Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Sumber : REKOMPAK – JRF, 2018

Bak pengolahan dengan sistem *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) terdiri dari beberapa bak, dimana bak pertama untuk menguraikan air limbah yang mudah terurai dan bak berikutnya untuk menguraikan air limbah yang lebih sulit, demikian seterusnya. ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) terdiri dari kompartemen pengendap yang diikuti oleh beberapa reaktor *baffled*. *Baffled* ini digunakan untuk mengarahkan aliran air keatas (*upflow*) melalui beberapa seri reaktor selimut lumpur (*sludge blanket*). Konfigurasi ini memberikan waktu kontak yang lebih lama antara biomassa *anaerobic* dengan air limbah sehingga akan meningkatkan kinerja pengolahan.

Teknologi sanitasi ini dirancang menggunakan beberapa *baffle* vertikal yang akan memaksa air limbah mengalir keatas melalui media lumpur aktif. Cocok untuk pengolahan air limbah bersama beberapa rumah (komunal). *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) adalah teknologi septik tank yang diperbaiki karena deretan dinding penyekat yang memaksa air limbah mengalir melewatinya (REKOMPAK – JRF):

1. Peningkatan waktu kontak dengan biomas aktif menghasilkan perbaikan pengolahan. ABR dirancang agar alirannya turun naik seperti terlihat pada gambar.
2. Aliran seperti ini menyebabkan aliran air limbah yang masuk (influent) lebih intensif terkontak dengan biomassa anaerobik, sehingga meningkatkan kinerja pengolahan.
3. Penurunan BOD dalam ABR lebih tinggi daripada tangki septik, yaitu sekitar 70-95%. Perlu dilengkapi dengan saluran udara. Diperlukan sekitar 3 bulan untuk menstabilkan biomassa di awal proses.

a. Pemeliharaan

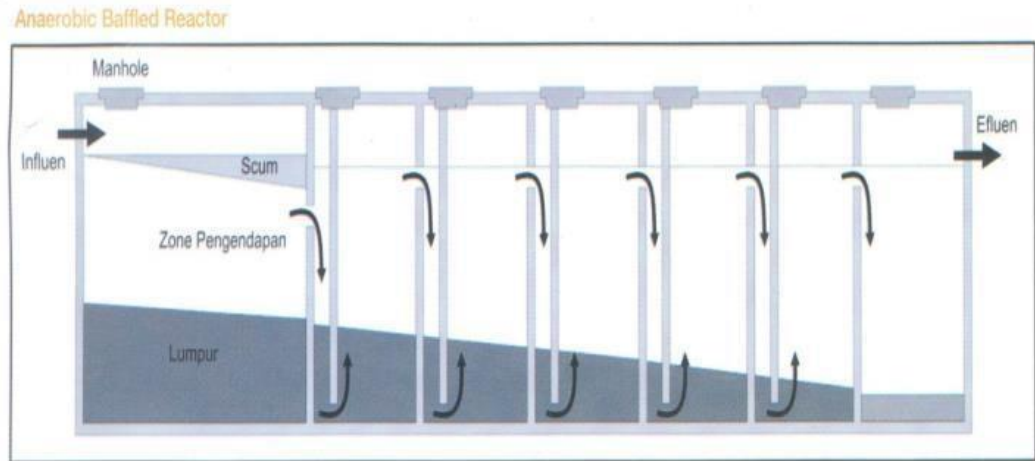
1. Lumpur atau endapan harus dibuang setiap 2–3 tahun dengan memakai truk penyedot tinja.
2. Pengendalian padatan/lumpur (*sludge*) harus dilakukan untuk setiap ruang (kompartemen).

b. Aplikasi

1. Cocok untuk semua macam air limbah seperti air limbah dari permukiman, rumah sakit, hotel/penginapan, pasar umum, rumah jagal, industri makanan. Semakin banyak beban organik, semakin tinggi efisiensinya.
2. Cocok untuk lingkungan kecil. Bisa dirancang secara efisien untuk aliran masuk (*inflow*) harian hingga setara dengan volume air limbah dari 1000 orang (200.000 liter/hari).
3. ABR terpusat (setengah-terpusat) sangat cocok jika teknologi pengangkutan sudah ada.
4. Tidak boleh dipasang jika permukaan air tanah tinggi, karena perembesan (*infiltration*) akan mempengaruhi efisiensi

pengolahan dan akan mencemari air tanah.

5. Truk tinja harus bisa masuk ke lokasi.
6. Digunakan pada beberapa lokasi Sanimas dan MCK di Indonesia.



Gambar 2.2. Tipikal Bangunan Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Sumber : Kemen PU Cipta Karya, 2016

Keunggulan yang dapat diperoleh dari sistem *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) yaitu :

- a. Luas lahan yang dibutuhkan sedikit karena dibangun di bawah tanah.
- b. Biaya pembangunan kecil.
- c. Biaya pengoperasian dan perawatan murah dan mudah.
- d. Efluen dapat langsung dibuang ke badan air penerima.

Seperti halnya suatu sistem pastinya mempunyai keunggulan dan juga kekurangan, maka dari itu kekurangan dari sistem *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) yaitu :

- a. Diperlukan tenaga ahli untuk desain dan pengawasan pembangunan.
- b. Diperlukan tukang ahli untuk pekerjaan plester berkualitas tinggi untuk konstruksi beton.
- c. Efisiensi pengolahan rendah.
- d. Tidak boleh terkena banjir.
- e. Memerlukan sumber air yang konstan.
- f. Perlu dilakukan pengurasan berkala setiap (2-3 tahun).

Dalam pengelolaan air limbah modern terdapat beberapa unsur. Unsur-unsur dari suatu sistem pengelolaan air limbah yang modern yaitu terdiri dari:

- a. Sumber air limbah Sumber air limbah dari suatu daerah pemukiman seperti perumahan, bangunan komersial dan industri.
- b. Pemrosesan setempat Sarana untuk pengolahan pendahuluan atau penyamaan air limbah sebelum masuk ke sistem pengumpul.
- c. Pengumpul, sarana untuk pengumpulan air limbah dari masing-masing sumber dalam daerah pemukiman.
- d. Penyaluran Sarana untuk memompa dan mengangkut air limbah yang terkumpul ke tempat pemrosesan dan pengolahan.
- e. Pengolahan Sarana pengolahan air limbah sebelum dibuang dari suatu daerah ke saluran irigasi.
- f. Pembuangan Sarana pengolahan limbah yang sudah diolah dan ampas padat yang didapat dari pengolahan. Seperti dalam sistem penyaluran air bersih, dua faktor penting yang harus diperhatikan dalam sistem pengolahan air limbah adalah jumlah dan mutu (Tchobanoglous, 1991). Air limbah yang harus dibuang dari suatu daerah pemukiman terdiri dari:
  - 1) Air limbah rumah tangga.
  - 2) Air limbah industry.
  - 3) Air resapan/aliran masuk.
  - 4) Air hujan.

Perkiraan besar air limbah kegiatan industri bervariasi menurut jenis dan ukuran industri yang ada, pengawasan industri tersebut, jumlah air yang pemakaiannya berulang, serta cara yang dipergunakan untuk pemrosesan setempat, bila ada (Tchobanoglous, 1991). Hubungan antara unsur-unsur fungsional dari sistem pengelolaan air limbah (Tchobagonoglous, 1991) Sumber Air Limbah Pengumpulan, air limbah pemrosesan setempat, pengolahan penyaluran, pemompaan pembuangan dan penggunaan kembali.

Pada umumnya proses pengolahan air limbah mempunyai metodenya sendiri yaitu bisa dengan cara seperti dibawah ini.

a. Klasifikasi dan penerapan metode pengolahan

Metode-metode yang dipergunakan untuk pengolahan air limbah, seperti yang dipergunakan untuk pengolahan air bersih, dapat diklasifikasikan sebagai

operasi satuan fisik dan proses-proses satuan kimiawi serta biologis. Kemungkinan gabungan proses pengolahan yang dapat dipergunakan adalah tidak terbatas (Tchobanoglous,1991)

b. Analisis dan perencanaan metode pengolahan

Dua parameter muatan yang biasa dipergunakan dalam analisis dan perencanaan operasi serta proses pengolahan air limbah adalah didasarkan pada massa-per-satuan massa atau massa-per-satuan volume (Tchobanoglous,1991). Bila proses-proses kimiawi dan biologis dipergunakan telah merupakan praktek yang umum sekarang ini untuk menetapkan volume tangki yang dibutuhkan berdasarkan analisis keseimbangan bahan dimana reaksi yang dipakai atau perpindahan kinetik yang mempengaruhi proses tersebut dipertimbangkan. Keseimbangan bahan pada suatu sistem dimana bahannya mengalir ke luar-masuk (suatu tangki misalnya) dapat dirumuskan sebagai metode-metode pengolahan fisik pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan (Dephut, 2004). Metode-metode pengolahan fisik meliputi penyaringan, pengecilan ukuran, pembuangan serpih, pengendapan dan filtrasi (Tchobanoglous,1991). Pengertian singkat masing-masing tahap di jelaskan sebagai berikut: Penyaringan saringan kasar atau kisi-kisi dengan lubang sebesar 2 inci (50mm) atau lebih dipergunakan untuk memisahkan benda-benda terapung yang besar dari air limbah.

### **2.3 Anaerobik Upflow Filter**

Komponen ini sama seperti Tanki Septik Bersusun tetapi pengolahan limbahnya dibantu oleh metode-metode pengolahan fisik. Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besardan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan (Dephut, 2004). Metode-metode pengolahan fisik meliputi penyaringan, pengecilan ukuran, pembuangan serpih, pengendapan dan filtrasi (Tchobanoglous,1991). Pengertian singkat masing-masing tahap di jelaskan sebagai berikut:

Penyaringan Saringan kasar atau kisi-kisi dengan lubang sebesar 2 inci (50mm) atau lebih dipergunakan untuk memisahkan benda-benda terapung yang besar dari air limbah. Alat-alat dipasang *akteri anaerobic* yang dibiakkan pada media *filter Anaerobic upflow filter*, merupakan proses pengolahan air limbah dengan metode pengaliran air limbah keatas melalui *media filter anaerobic*. Sistem ini memiliki waktu detensi yang panjang. Perhitungan sistem penyaluran air limbah domestik diawali dengan membuat blok-blok pelayanan pada peta. Jumlah blok pelayanan. Batas blok pelayanan adalah jalan, danau dan sungai. Blok pelayanan dengan kepadatan penduduk tertinggi sebesar 25.309 jiwa/km<sup>2</sup>. Sistem perpipaan dibuat mengikuti jalan dan sistem pengaliran diusahakan secara gravitasi sehingga perencanaan jaringan perpipaan harus memperhatikan kontur. Penyaluran air limbah diusahakan melalui jalur dan waktu alir sesingkat mungkin untuk menghindari pencemaran lingkungan (Widiana dkk., 2012). Jumlah segmen pipa sebanyak kebutuhan luas daerah pelayanan. Segmen dibatasi oleh lubang pemeriksaan (*manhole*) dengan jarak sebesar 210 m. Manhole merupakan lubang pada jalur pipa air limbah untuk mempermudah petugas melakukan pemeriksaan, perbaikan, maupun pembersihan saluran dari kotoran-kotoran yang menghambat jalur pengaliran. Penyediaan *Manhole* yang cukup secara kuantitas dan kualitas tentunya sangat mendukung fungsi kerja sistem IPAL yang direncanakan. *Manhole* diletakan pada perubahan kemiringan saluran, perubahan arah aliran, dan perubahan diameter saluran (Howard, 2009). Selain kondisi topografi daerah pelayanan, penentuan lokasi IPAL juga mempertimbangkan faktor lain, antara lain lokasi berupa tanah kosong, lokasi jauh dari permukiman, lokasi terletak dekat dengan badan air penerima seperti Sungai atau danau, ketersediaan luas lahan cukup memadai, serta pengaliran diusahakan secara gravitasi menuju dataran topografi terendah namun tetap berada diatas permukaan air penerima. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal dengan Sistem Perpipaan terdiri dari :

- a. Bangunan IPAL
- b. Sistem jaringan perpipaan

Jaringan Pipa dimulai dari Sambungan Rumah hingga saluran pembuangan limbah aman ke saluran akhir dalam hal ini adalah Danau Toba.

### 2.3.1 Bangunan IPAL

Komponen-komponen instalasi pengolahan air limbah terdiri dari bak *Inlet*, bak Pengolahan (banyak pilihan teknologi), dan bak *Outlet*.

#### a. Bak *Inlet*

Bak *Inlet* menerima air permukaan dan meyalurkannya ke saluran drainase. *Street inlets* adalah bukaan lubang di sisi-sisi jalan yang berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan yang berada sepanjang jalan menuju ke saluran. Perencanaan dan penempatan inlet harus benar-benar dipertimbangkan sehingga dapat berfungsi dengan baik.

#### b. Bak Pengolahan (banyak pilihan teknologi)

Pada sistem yang lengkap, sebelum masuk ke badan air penerima, air diolah dahulu di instalasi pengolahan air limbah (IPAL), khususnya untuk sistem tercampur. Karena hanya air yang telah memenuhi baku mutu tertentu yang dimasukkan ke badan air penerima, sehingga tidak merusak lingkungan. Prinsip dasar bak pengolahan adalah memisahkan limbah cair dan padat melalui sistem pengendapan sehingga yang terbuang dari bak *outlet*.

#### c. Bak *Outlet*

Bak *Outlet* adalah penampungan akhir dari bak pengolahan yang berfungsi untuk menampung air limbah yang telah diolah pada bak pengolahan, kemudian dialirkan dari sistem perpipaan untuk menghasilkan air buangan (*Effluent*) yang aman bagi lingkungan. Pada dasarnya telah banyak pilihan teknologi maupun jenis sarana pengolahan air limbah yang umum dipakai, namun dengan beberapa pertimbangan yang dipakai yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan kemampuan anggaran yang ada.

### 2.3.2 Perencanaan Pipa

Sistem Perpipaan pada pengaliran air limbah komunal berfungsi untuk membawa air limbah dari beberapa rumah ketempat pengolahan limbah agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Syarat-syarat pengaliran air limbah yang harus diperhatikan, dalam perencanaan



jaringan saluran air limbah yaitu:

- a. Pengaliran secara gravitasi.
- b. Batasan kecepatan minimum dan maksimum harus diperhatikan, Kecepatan minimum untuk memungkinkan terjadinya proses *self cleansing*, sehingga bahan padat yang terdapat didalam saluran tidak mengendap di dasar pipa, agar tidak mengakibatkan penyumbatan, sedangkan kecepatan maksimum mencegah pengikisan pipa oleh bahan – bahan padat yang terdapat didalam saluran.
- c. Jarak antara bak kontrol pada perpipaan mengurangi akumulasi gas dan memudahkan pemeliharaan saluran.

Fungsi perpipaan penyaluran air limbah buangan dibedakan atas pipa persil, pipa servis, pipa lateral/pipa cabang, dan pipa induk dengan keterangan sebagai berikut :

- a. Pipa persil, yaitu pipa saluran yang umumnya terletak didalam pekarangan
- b. Sambungan Rumah, yaitu pipa saluran pipa dari buangan rumah dan langsung menerima air buangan dari dapur atau kamar mandi/wc.
- c. Pipa servis yaitu pipa saluran yang menampung air buangan dari pipa-pipa persil dan terletak dijalan didepan rumah.
- d. Pipa lateral, yaitu pipa saluran yang menerima air buangan dari pipa-pipaservis.
- e. Pipa induk, pipa air buangan yang menerima ai buangan dari pipa lateral, pipa ini langsung terhubung ke instalasi pengolahan air limbah.

Sumber air limbah yang berasal dari beberapa kegiatan didalam rumah tangga yang akan dialirkan kedalam sistem perpipaan airlimbah terdiri dari :

- a. *Black Water* (Tinja)

Merupakan air limbah yang berasal dari closet/jamban.

- b. *Grey Water* (air bekas mandi cuci)

Merupakan air limbah yang berasal dari tempat mandi, cuci, dapur.

- c. Air limbah organik industri rumah tangga (dengan rekomendasi DPIU).

Pipa memiliki bermacam-macam ukuran dimensi, kriteria

Dimensi pipa untuk Sanimas adalah sebagai berikut :

- a. Dimensi pipa untuk sambungan rumah (pipa persil) adalah 3” – 4”.
- b. Dimensi pipa untuk pipa servis (pipa tertier) adalah 4” – 6”.
- c. Dimensi pipa untuk pipa lateral/cabang (pipa sekunder) adalah 4”– 6”.
- d. Dimensi pipa untuk pipa induk (pipa utama) adalah 6” – 8”.

### 2.3.3 Kemiringan Pipa

Kemiringan pipa minimal diperlukan agar di dalam pengoperasiannya diperoleh kecepatan pengaliran minimal dengan daya pembilasan sendiri (*self cleansing*) guna mengurangi gangguan endapan didasar pipa. Kemiringan muka tanah yang lebih curam daripada kemiringan pipa minimal bisa dipakai sebagai kemiringan desain selama kecepatannya masih di bawah kecepatan maksimal. Kriteria kemiringan pipa untuk sanitasi masyarakat adalah sebagai berikut:

- a. Kemiringan pipa untuk sambungan rumah (pipa persil) adalah 1% -2%.
- b. Kemiringan pipa untuk pipa servis adalah 1% - 2%.
- c. Kemiringan pipa untuk pipa lateral/cabang adalah 1% - 2%.

### 2.3.4 Bahan Perpipaan

Pemilihan bahan pipa harus betul-betul dipertimbangkan mengingat air limbah banyak mengandung bahan padat yang mengganggu atau menurunkan kekuatan pipa. Demikian pula selama pengangkutan dan pemasangannya, diperlukan kemudahan serta kekuatan fisik yang memadai. Pipa yang biasa dipakai untuk penyaluran air limbah komunal adalah :

- a. Pipa SNI khusus air limbah, dalam kondisi khusus dapat digunakan pipa klas AW.
- b. Pipa klas D hanya boleh digunakan untuk pipa persil (SR).
- c. PE (*polyethylene*) untuk daerah rawa atau persilangan dibawah air.
- d. Pipa galvanis untuk kondisi tertentu atas rekomendasi DPIU.

### 2.3.5 Sambungan Pipa (PVC)

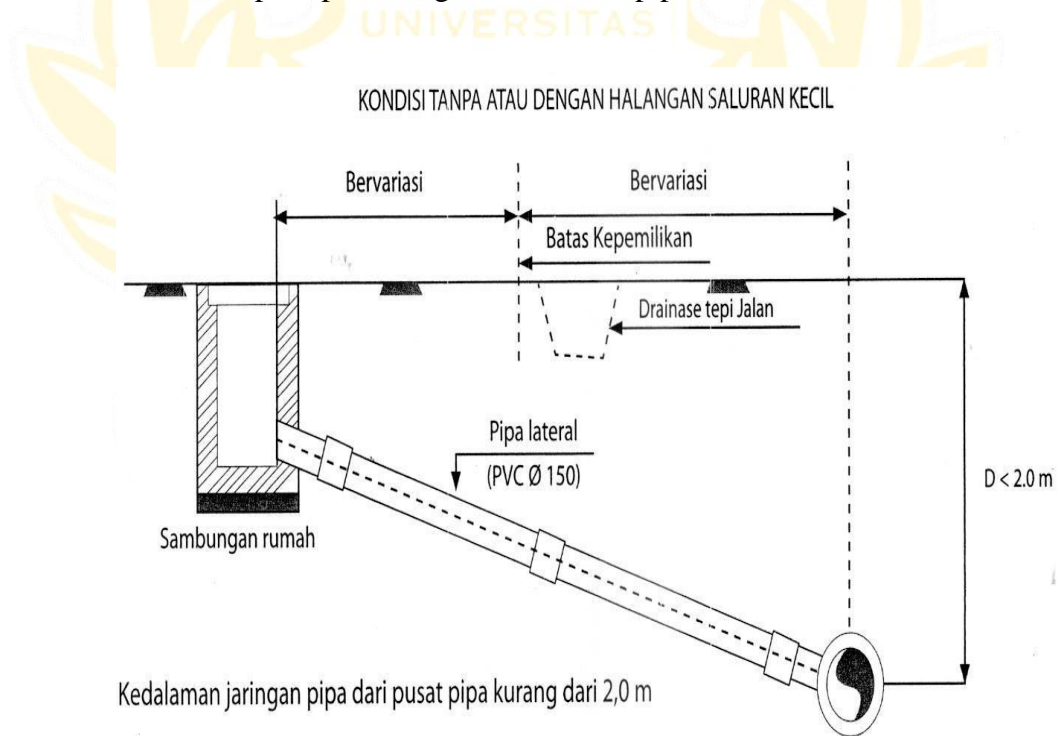
- a. *Solvent* (lem): diameter kecil, untuk sambungan pipa berdiameter

- kecil dapat menggunakan perekat lem.
- Cincin karet: diameter lebih besar, cincin karet perekat antara pipa satu dengan pipa lainnya dengan drat perekat.
  - Flange* atau las: untuk Galvanis, perekat dengan cara pengelasan untuk sambungan pipa dari bahan galvanis.

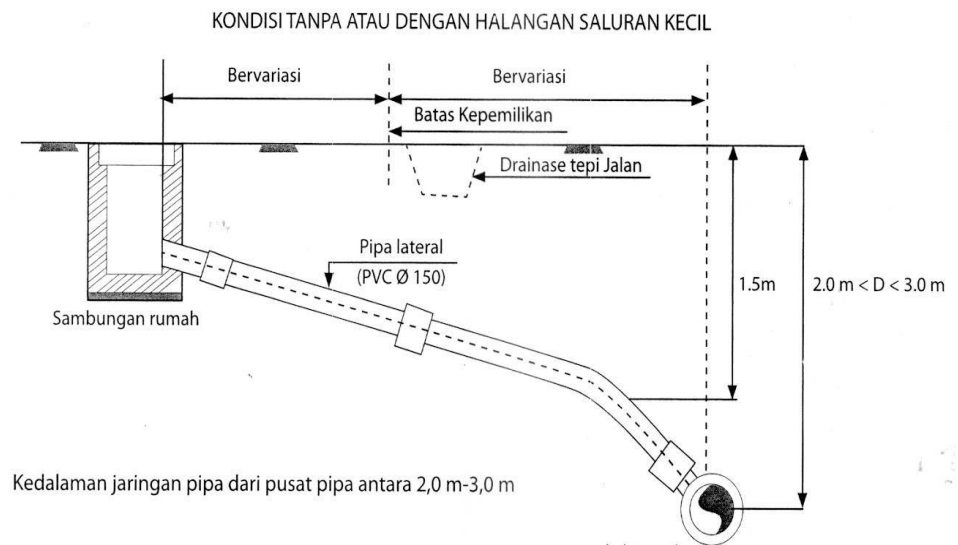
### 2.3.6 Kedalaman Perpipaan

- Kedalaman perletakan pipa minimal diperlukan untuk perlindungan pipa dari beban di atasnya dan gangguan lain;
- Kedalaman galian pipa Persil  $> 0,2$  m, selanjutnya mengikuti gradient hidrolik. Dalam situasi tertentu memperhitungkan beban luar.

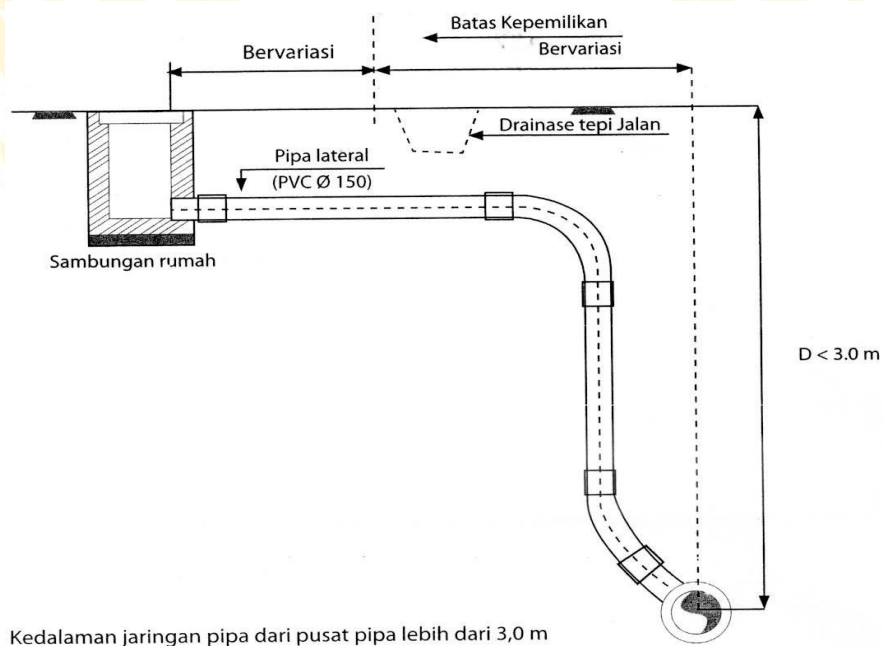
Tata letak pipa instalasi pipa pada situasi tertentu, seperti diantara saluran kecil seperti parit dengan kedalaman pipa tanam sedalam 2 meter.



Gambar 2.3. Perletakan pipa dan jarak kedalaman pipa Sumber : Kemen PU Ciptakarya, 2016



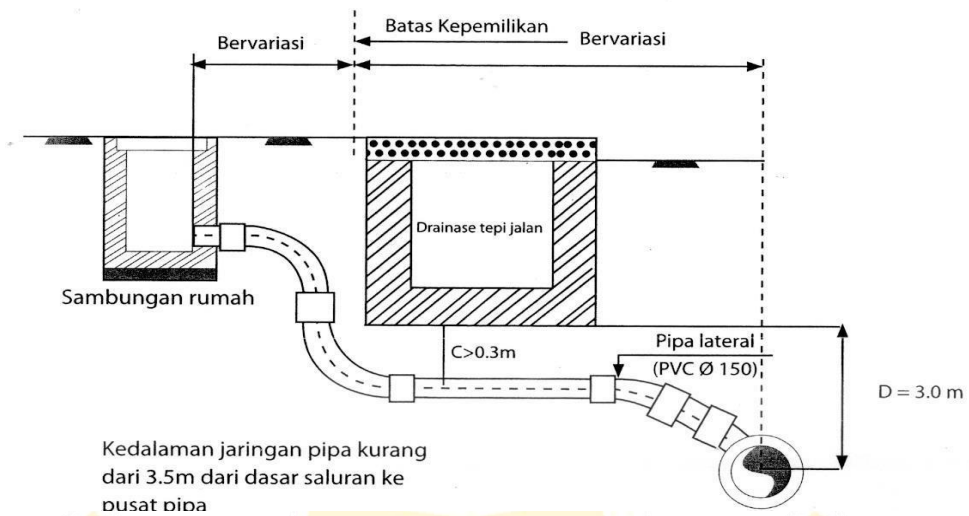
Gambar 2.4. Kedalaman pipa dengan halangan saluran kecil Sumber :  
Kemen PU Ciptakarya, 2016



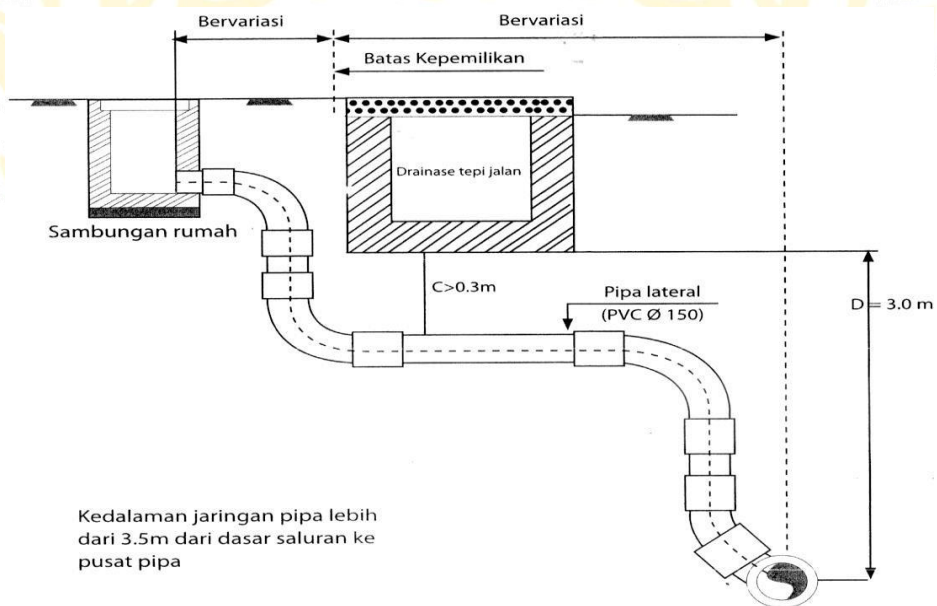
Gambar 2.5. Kedalaman Pipa dari pusat pipa antara 2,0-3,0 meter  
Sumber : Kemen PU Ciptakarya, 2016

Gambar diatas menjelaskan bahwa tata letak kedalaman Pipa dari pusat pipa antara 2,0-3,0 meter dibawah permukaan tanah. Oleh karena itu standar yang dipakai dalam peletakan pipa ini telah diakui oleh Kementrian Pekerjaan Umum.

## KONDISI TERHALANG OLEH SALURAN TEPI JALAN

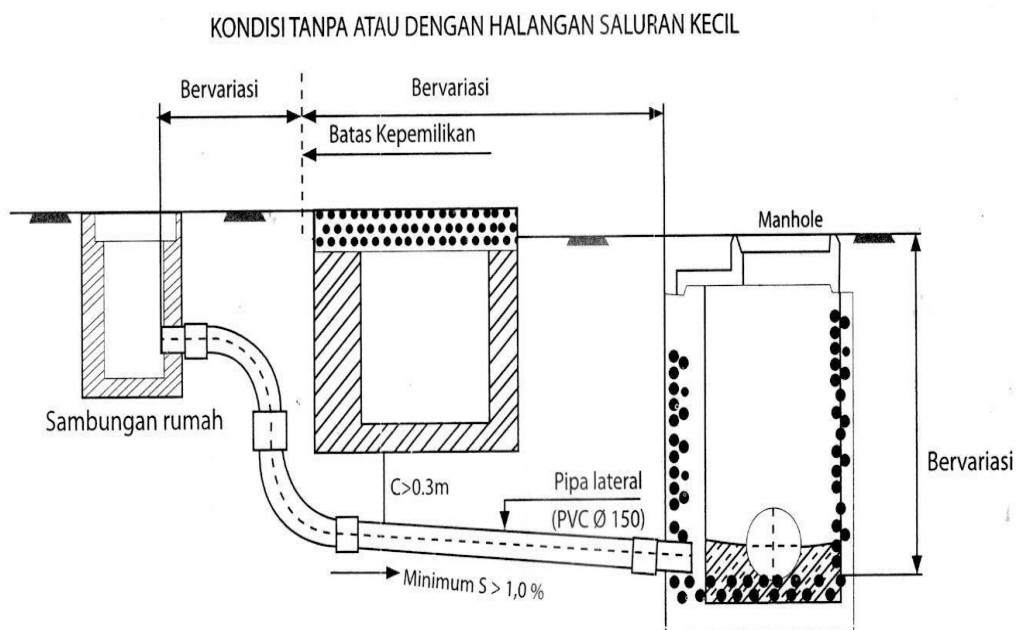


Gambar.2.6.. Pipa dengan kondisi terhalang oleh saluran tepi Sumber :  
Kemen PU Ciptakarya, 2016



Gambar 2.7. Kedalaman jaringan pipa dari dasar saluran ke pusat pipa  
Sumber : Kemen PU Ciptakarya, 2016

Gambar diatas menjelaskan bahwa jarak tanam pipa dari dasar saluran ke pusat pipa yaitu sedalam kurang dari 3,5 meter.



Gambar 2.8. Kedalaman jaringan pipa dengan halangan saluran kecil

Sumber : Kemen PU Ciptakarya, 2016

Hitungan dimensi pipa dapat diketahui jika jumlah populasi dan jumlah pemakaian air bersih telah diketahui. Perhitungan dimensi pipa didasarkan pada Populasi *Ekuivalen* (PE). Nilai PE berbeda-beda sesuai dengan jenis kegiatan. Air limbah domestik berasal dari limbah rumah tangga sehingga nilai PE terpilih adalah rumah biasa dan rumah mewah. Berdasarkan klasifikasi nilai PE Ditjen Cipta Karya DPU, nilai PE dari kedua jenis rumah tangga tersebut adalah 1 dan 1,67. Nilai tersebut menghasilkan nilai PE rata-rata sebesar 1,33. Jumlah jalur pipa menuju IPAL disesuaikan juga dengan luas daerah pelayanan.

Perhitungan debit puncak ( $Q_{peak}$ ) air limbah merupakan akumulasi dari setiap segmen pipa hingga masuk IPAL. Nilai total  $Q_{peak}$  pada jalur pertama sebesar 0,39 m<sup>3</sup>/detik. Nilai debit infiltrasi ( $Q_{infiltrasi}$ ) saluran sama pada setiap segmen pipa sebesar 0,0004 m<sup>3</sup>/detik. Hal ini disebabkan  $Q_{infiltrasi}$  saluran tergantung dari panjang segmen pipa sebesar 210 m. Debit  $infiltrasi$  berasal dari penambahan limpasan air hujan melalui lubang *manhole* dan tutup-tutup bak kontrol (debit *inflow*). Nilai debit minimum ( $Q_{min}$ ) bervariasi sesuai dengan

jumlah penduduknya. Nilai  $Q$  min digunakan dalam menentukan kedalaman minimum untuk menentukan kelayakan (Watson, 2010)

Perhitungan dimensi pipa berdasarkan nilai rasio tinggi muka air dan diameter pipa ( $d/D$ ). Nilai rasio  $d/D$  diperlukan karena penyaluran air limbah tidak memerlukan tekanan yang menyebabkan saluran penuh. Nilai rasio  $d/D$  terpilih sebesar 0,8 sehingga nilai  $Q_{peak}/Q_{full}$  didapatkan dari grafik *design of main sewers* (Qasim, 1999) sebesar 0,98. Nilai kecepatan aliran awal ( $v_{full}$  awal) diasumsikan sebesar 1 m/detik. Namun, tidak semua segmen pipa memiliki  $v_{full}$  awal sebesar 1 m/detik asumsi akan semakin besar jika nilai  $D$  hitung semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Nilai  $v_{full}$  rencana berkisar 2 m/detik. Perubahan diameter pipa antar segmen dibuat tidak terlalu signifikan. Perubahan diameter ini disesuaikan dengan diameter increaser di pasaran. Perubahan minimal diameter pipa sebesar 50 mm dan maksimal 100 mm. Diameter pipa inlet pada IPAL 1 sebesar 900 mm, sedangkan diameter pipa *inlet* pada IPAL 2 sebesar 1000 mm. Nilai kemiringan pipa ( $s$ ) dapat diasumsikan dengan syarat nilai  $Q_{full}$  akhir lebih besar sama dengan  $Q_{full}$  awal dan nilai  $v_{full}$  akhir 0,6-3 m/detik. Nilai  $s$  diusahakan sekecil mungkin, tetapi mampu memberikan kecepatan yang diinginkan sehingga tidak merusak permukaan saluran (Thomas, 2010).

Perhitungan volume air limbah memerlukan nilai rasio antara ketinggian air dengan diameter pipa ( $d_{min}/D_{full}$ ) dan rasio kecepatan minimum dengan kecepatan maksimum ( $v_{min}/v_{full}$ ). Nilai kedua variabel tersebut didapatkan dari grafik *design of main sewers*. Nilai  $d_{min}/D_{full}$  tergantung pada nilai rasio debit minimum dengan debit maksimum ( $Q_{min}/Q_{full}$ ). Penggelontoran ini merupakan penambahan air dengan debit dan kecepatan tertentu ke dalam saluran. Penggelontoran ini dapat membuat aliran dalam pipa berjalan sangat lancar untuk menghilangkan sedimen dan mengurangi kepekatan air limbah (Gambiro, 2012). Penggelontoran dapat dilakukan apabila jika nilai ketinggian air minimum ( $d_{min}$ ) kurang dari 100 mm dan kecepatan minimum ( $v_{min}$ ) kurang dari 0,6 m/detik. Tidak semua segmen pipa dapat mengalami penggelontoran, jika segmen pipa ini mengalami penggelontoran, maka perhitungan debit penggelontoran perlu dilanjutkan. Kisaran debit gelontor ( $Q_g$ ) ke dalam setiap segmen pipa sebesar 0,03 m<sup>3</sup>/detik dan kisaran volume gelontor ( $V_g$ ) sebesar 2,72 m<sup>3</sup>. Perhitungan volume

air limbah akhir dilakukan pada segmen pipa yang mengalami penggelontoran. Pada perhitungan volume air limbah akhir,  $Q_{\min}$  awal akan ditambahkan dengan debit penggelontoran sehingga menghasilkan nilai  $Q_{\min}/Q_{full}$  baru. Tingkat kestabilan kecepatan air setelah penggelontoran jika telah memenuhi persyaratan ketinggian dan kecepatan minimum di dalam pipa.

Pada tahap perhitungan penanaman pipa, dua kondisi mungkin terjadi, yaitu penggunaan peralatan seperti alat pompa dan alat *drop manhole*. Alat pompa digunakan jika kedalaman galian yang dilakukan terlalu dalam atau kemiringan pipa lebih besar dibandingkan kemiringan elevasi tanah. Alat *drop manhole* digunakan jika nilai kemiringan pipa lebih kecil dibandingkan dengan kemiringan tanah.

Saluran awal (EDS (Us)) segmen selanjutnya. Elevasi Muka Air akhir (EMA (Ds)) pada segmen pertama pun harus sama dengan Elevasi Muka Air awal (EMA (Us)) segmen selanjutnya. Hal ini untuk mencegah terjadinya arus balik. Selain perubahan diameter pipa, perbedaan ini juga terjadi jika terdapat *drop manhole*, pompa, atau pertemuan pipa pada persimpangan (Kerr, 2008). Fungsi alat pompa adalah untuk mengangkat air limbah dari tempat rendah ke tempat lebih tinggi untuk menghindari penanaman pipa yang terlalu dalam dan memberikan tekanan yang cukup untuk proses pengolahan. Kapasitas pompa direncanakan berdasarkan aliran puncak air limbah, demikian pula dengan perpipaan pada rumah pompa, semakin besar kapasitas pompa yang digunakan, biaya untuk perawatan dan pengontrolan sistem perpompaan akan semakin mahal (Analisse, 2009). Alat pompa *sentrifugal* merupakan jenis alat pompa yang umum digunakan untuk memompa air limbah karena jika menggunakan alat pompa ini membuat pemompaan tidak mudah tersumbat. Penggunaan pompa rendam (*submersible*) untuk air limbah lebih baik karena dapat mencegah terjadinya kavitasi (Chapin, 2006).

Penentuan Intensitas Curah Hujan Sistem perencanaan drainase skala mikro memerlukan data curah hujan tahunan selama minimal sepuluh tahun terakhir. Langkah awal untuk pengolahan data curah hujan adalah perhitungan hujan rencana melalui Metode Gumbel. Metode gumbel ini sering digunakan untuk menganalisis keadaan maksimum seperti analisis frekuensi banjir (Okonkwo dan Mbajiorgo,



2010). Beberapa data dari sumber literatur dibutuhkan untuk kalkulasi Metode Gumbel, seperti nilai faktor reduced standar deviasi ( $S_n$ ), faktor *reduced mean* ( $Y_n$ ), dan *reduced variate* ( $Y_t$ )

## 2.4 Perencanaan Bangunan Pelengkap Pada Sistem Jaringan

Bangunan pelengkap adalah bangunan penunjang yang digunakan untuk memudahkan pemeliharaan serta meningkatkan kinerja sistem pengaliran yang ada, bangunan penunjang dimaksud adalah:

### 2.4.1 Bak Kontrol

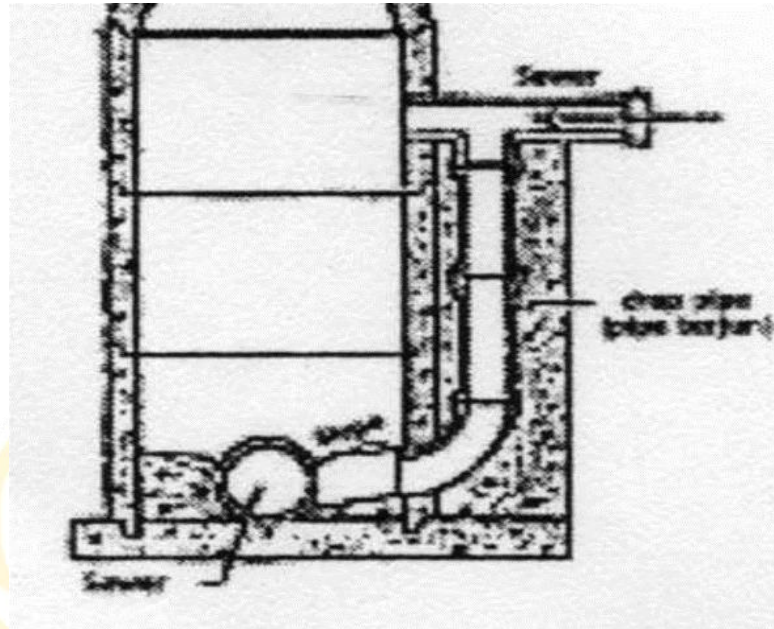
Bak kontrol digunakan untuk memudahkan pemeliharaan pada saluran perpipaan apabila terjadi penyumbatan. Bak kontrol diletakkan pada setiap perubahan diameter pipa, setiap perubahan kemiringan pipa, setiap perubahan arah aliran dalam pipa baik horizontal maupun vertical, setiap pertemuan dua saluran (pipa) atau lebih, pada jarak lurus dengan jarak maksimum 20 m. Ukuran dan letak bak kontrol pada persil yaitu :

- a. Luas permukaan minimal 40 x 40 cm (bagian dalam), dan diberi tutup plat beton yang mudah dibuka/tutup.
- b. Kedalaman bak kontrol disesuaikan dengan kebutuhan kemiringan pipa-pipa yang masuk/keluar bak.
- c. Untuk bak kontrol di pekarangan rumah, dinding bagian atas dipasang sedemikian rupa sehingga dapat mencegah masuknya limpasan air hujan.
- d. Disarankan bak kontrol dibuat dengan beton pra cetak sesuai dengan tipe yang dibutuhkan.

### 2.4.2 Drop Manhole

*Drop Manhole* digunakan apabila saluran yang datang (biasanya lateral), memasuki manhole pada titik dengan ketinggian lebih dari 2 ft (0,6 m) di atas saluran selanjutnya. *Drop Manhole* juga digunakan apabila beda elevasi pertemuan cabang saluran datang (*Inlet*) dan saluran yang meninggalkan (*Outlet*) > 50 cm.

Tujuan digunakannya *Drop Manhole* adalah untuk menghindari penceburan atau splashing air buangan yang dapat merusak saluran akibat penggerusan dan pelepasan H<sub>2</sub>S.



Gambar 2.9. Drop Manhole Sumber : REKOMPAK (JRF). 2018

## Sistem Pengolahan Air Limbah Terpusat (Skala Lingkungan, > 50 KK)

Pembangunan sistem pengolahan air limbah terpusat skala lingkungan untuk 200 – 400 KK.

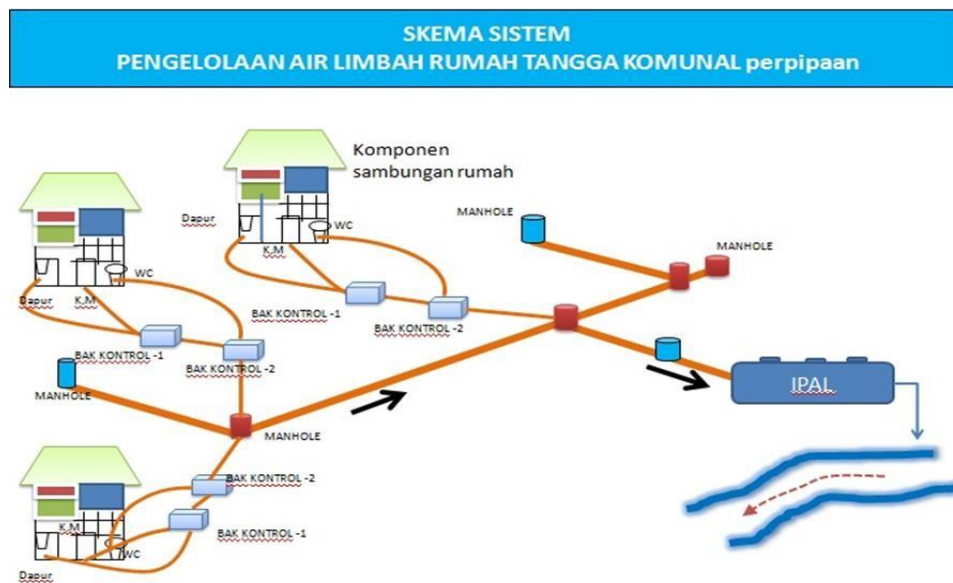


Pekerjaan meliputi sistem yang lengkap: Sambungan Rumah (SR), Pipa Air Limbah, Bak Kontrol, dan Instalasi Pengolahan Air Limbah

[www.nawasis.com](http://www.nawasis.com)

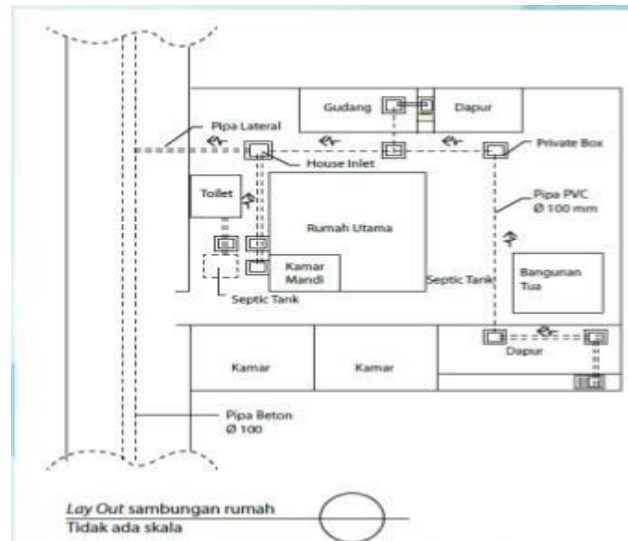
Gambar. 2.10. Sistem Pengolahan Air Limbah Terpusat Sumber : Nawasis,

2018



Gambar. 2.11. Skema sistem pengolahan air limbah.

Sumber : Dinas Perumahan, 2013



Gambar 2.12. Lay-out sambungan rumah tangga.  
Sumber : Dinas Perumahan, 2013

Gambar diatas menjelaskan bagaimana layout dan susunan tata letak instalasi saluran pipa pembuangan limbah dari rumah ke pengolahan limbah.

### 2.4.3 Bak Perangkap Lemak (Grease Trap) dan Perangkap Bau

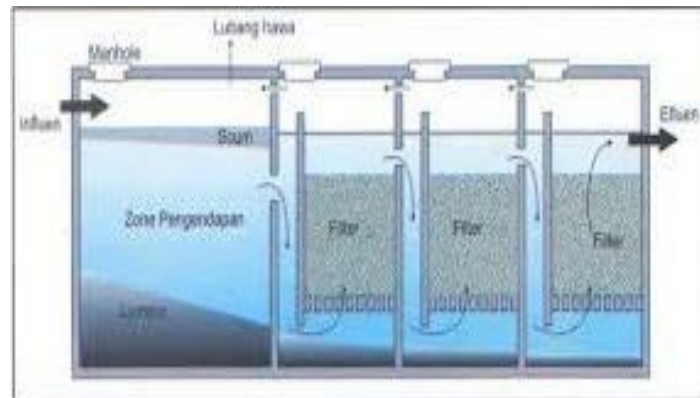
Bak perangkap lemak adalah bak kontrol yang dilengkapi dengan pipa masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) yang berfungsi memisahkan lemak dan padatan dari masuknya lemak kedalam pipa dalam jumlah besar. Disarankan dipasang diluar dapur dan daerah dengan pemakaian air rendah, dan lokasinya sedekat mungkin dengan sumbernya, dengan perangkap bau berbentuk leher angsa perlu dibuat di WC/kamar mandi dan didekat dapur untuk menghindari bau.

## 2.5 Perencanaan Sistem Drainase

### 2.5.1 Blok Pelayanan

Perhitungan sistem drainase skala mikro diawali dengan membuat blok-blok pelayanan di Kawasan Danau Toba. Blok pelayanan sistem drainase skala mikro dibatasi oleh jalan utama. Selain itu, blok pelayanan sistem drainase mikro harus dekat dengan bangunan penggelontoran karena air limpasan yang masuk ke dalam saluran drainase akan dialirkan langsung ke dalam bangunan

penggelontoran. Selanjutnya, luasan area blok pelayanan juga harus diperhatikan. Hal ini disebabkan luasan blok pelayanan berbanding lurus dengan debit limpasan.



Gambar 2.13. Blok pelayanan drainase skala mikro Sumber : Dinas Perumahan, 2013

Kebutuhan debit penggelontoran berkisar  $0,03 \text{ m}^3/\text{detik}$  sehingga blok pelayanan tidak memerlukan luasan terlalu besar. Jumlah penggelontoran pada sistem penyaluran air limbah domestik menuju IPAL adalah 53 titik. Satu sistem drainase mikro minimal melayani tiga blok pelayanan dan maksimal melayani enam blok pelayanan. Pada perhitungan debit saluran, nilai koefisien pengaliran (C) permukiman adalah 0,4. Nilai C tergantung pada kondisi dan karakteristik daerah pengaliran. Nilai C akan semakin besar jika daerah kedap air di daerah pengaliran bertambah besar (Yiping 2006). Kisaran debit pada saluran drainase mikro adalah  $0,25 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

Pada perhitungan dimensi saluran, nilai lebar dasar saluran (b) diasumsikan sesuai dengan nilai b hasil observasi di lapangan. Hasil observasi nilai b pada saluran drainase jalan arteri sekitar 0,4-1 m sehingga nilai kisaran b pada penelitian ini adalah 0,43 m. Kecepatan aliran diasumsikan berada diantara 0,6-3 m/detik. Menurut Said (1992), kecepatan aliran kurang dari 0,6 m/detik menimbulkan sedimentasi dan menjadi tempat nyamuk bertelur, sedangkan kecepatan aliran lebih dari 3 m/detik menyebabkan erosi pada permukaan saluran. Jadi, kecepatan aliran diasumsikan sebesar 2 m/detik. Kedalaman saluran memiliki kisaran sebesar 0,42m. Penentuan bentuk atau profil saluran perlu diperhatikan aspek ekonomi dengan luas penampang tertentu. Bentuk saluran direncanakan berupa saluran

persegi. Saluran ini digunakan jika debit dihasilkan besar dan saluran merupakan saluran terbuka (Novak, 2010). Variabel  $x$  merupakan perbandingan antara lebar dengan kedalaman saluran. Nilai  $x$  ini ditentukan berdasarkan ketetapan dari Departemen Pekerjaan Umum. Untuk kisaran debit air limpasan sebesar 0,25 m<sup>3</sup>/detik, maka nilai  $x$  adalah 1,00. Kisaran debit akhir ( $Q$  cek) pada saluran drainase mikro adalah 0,61 m<sup>3</sup>/detik. Nilai tersebut telah memenuhi debit penggelontoran yang diperlukan oleh sistem perencanaan air limbah dengan kisaran sebesar 0,03 m<sup>3</sup>/detik. Debit air limpasan dari bangunan penggelontoran ke titik gelontor disalurkan dengan menggunakan pipa. Diameter pipa disesuaikan dengan kebutuhan debit penggelontoran sehingga diameter pipa yang masuk ke titik penggelontoran berbeda-beda. Diameter terbesar pada inlet titik gelontor sebesar 60 mm, sedangkan diameter terkecil sebesar 5 mm.

### 2.5.2 Bangunan Penggelontor

Penentuan Kapasitas Bangunan Penggelontor. Debit rata-rata *influen* bangunan penggelontor berkisar 0,25 m<sup>3</sup>/detik, sedangkan debit rata-rata efluen bangunan penggelontor menuju sistem penyaluran air limbah berkisar 0,03 m<sup>3</sup>/detik. Nilai debit *influen* bangunan penggelontor dihasilkan dari perhitungan debit limpasan air hujan pada sistem drainase mikro dan nilai debit efluen bangunan penggelontor dihasilkan dari perhitungan debit penggelontoran pada sistem penyaluran air limbah. Jika nilai debit *influen* memenuhi kapasitas yang diperlukan oleh titik gelontor bahkan berlebih. Kelebihan air ini akan ditampung di dalam bangunan penggelontoran (Calvin, 2009). Durasi untuk menampung air berlebih dalam bangunan penggelontoran berbeda-beda pada setiap segmen pipa yang digelontorkan. Kisaran penyimpanan air limpasan berlebih selama tujuh hari dalam bangunan penggelontoran. Sistem penggelontoran dibagi menjadi dua, yaitu sistem *continue* dan sistem periodik (Anonim, 2011). Sistem *continue* adalah penggelontoran secara terus menerus dengan debit yang konstan.

Kelebihan sistem *continue* tidak memerlukan bangunan penggelontor sepanjang jalur pipa, tetapi cukup berupa bangunan pada awal saluran atau berupa terminal *clean out* yang terhubung dengan pipa transmisi air penggelontor. Selain itu, kelebihan lain sistem *continue* adalah kemungkinan saluran tersumbat kecil,

dapat terjadi pengenceran air limbah, serta sistem operasi mudah. Kekurangan sistem ini yaitu, debit penggelontoran konstan memerlukan dimensi saluran lebih besar, dan penambahan beban hidrolis terjadi pada IPAL. Penggelontoran dengan sistem periodik dilakukan secara berkala pada kondisi aliran minimum. Kelebihan sistem ini adalah penggelontoran dilakukan minimal sekali dalam sehari dan penggelontoran dapat diatur sesuai kebutuhan. Kekurangan sistem ini adalah dimensi saluran relatif tidak besar karena debit gelontor tidak diperhitungkan, penggunaan sistem penggelontoran secara periodik menyebabkan unit bangunan penggelontor lebih banyak disepanjang saluran. Selain itu, saluran kemungkinan dapat tersumbat oleh kotoran.

