

LAMPIRAN III
PERATURAN MENTERI PEKERJAAN
UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
NOMOR 04/PRT/M/2017
TENTANG
PENYELENGGARAAN SISTEM
PENGELOLAAN AIR LIMBAH
DOMESTIK

KONSTRUKSI SPALD

A. UMUM

1. Pekerjaan pelaksanaan konstruksi adalah kegiatan untuk mendukung pelaksanaan konstruksi mulai dari tahap persiapan, pelaksanaan, dan uji coba sistem.
2. Pelaksana konstruksi adalah penyedia jasa di bidang layanan jasa konstruksi.
3. Lingkup pekerjaan yang termasuk dalam pelaksanaan konstruksi sesuai dengan jenis bangunan yang akan dibangun meliputi:
 - a) persiapan konstruksi dilaksanakan sesuai dengan peraturan perundang-undangan di bidang konstruksi.
 - b) pelaksanaan konstruksi terdiri dari:
 - 1) pekerjaan tanah;
 - 2) pekerjaan struktur prasarana air limbah domestik;
 - 3) pekerjaan arsitektur prasarana air limbah domestik; dan
 - 4) pekerjaan mekanikal dan elektrikal;
 - c) uji coba sistem;
 - d) pembuatan *as-built drawing*;
 - e) penyusunan SOP; dan
 - f) serah terima pekerjaan.
4. Pengawasan penyelenggaraan pekerjaan konstruksi dilaksanakan berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan kecuali yang termuat dalam Lampiran ini.

Pelaksanaan konstruksi mengacu pada Rencana Mutu Kontrak Kegiatan (RMK), Rencana K3 Konstruksi (RK3K) dan mempertimbangkan Dokumen Lingkungan (Amdal dan/atau UKL-UPL).

B. TATA CARA PELAKSANAAN KONSTRUKSI

1. Pelaksanaan Konstruksi

Pelaksanaan konstruksi meliputi kegiatan:

a) Pekerjaan tanah

Sebelum memulai pekerjaan tanah, kontraktor perlu menyusun metode kerja yang komprehensif kepada wakil pemberi kerja antara lain:

- 1) peralatan yang digunakan dalam jumlah dan kapasitas;
- 2) metode manuver alat;
- 3) metode pelaksanaan penggalian;
- 4) metode pengisian, pembentukan, dan pemotongan sesuai dengan kondisi awal lokasi, garis, dan level;
- 5) kemiringan dan dimensi yang terdapat pada gambar disesuaikan dengan yang telah ditentukan oleh wakil pembeli kerja;
- 6) metode penopang, penguat, papan pendukung, penambat, dan pembongkaran setelah selesai;
- 7) metode penumpukan dan pembuangan material;
- 8) pengadaan seluruh akses sementara, jalan pengalih dan saluran;
- 9) metode penanganan dan pengangkutan material galian;
- 10) sebelum memulai pekerjaan tanah, kontraktor perlu mendapatkan persetujuan dari wakil pemberi kerja mengenai metode yang akan digunakan;
- 11) pelaksanaan pekerjaan tanah dilaksanakan sesuai dengan tahapan pelaksanaan pekerjaan tanah.



Gambar 1 Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Tanah

b) Pekerjaan struktur prasarana air limbah domestik

Pekerjaan struktur prasarana air limbah domestik bervariasi untuk setiap jenis prasarana air limbah domestik, bentuk bangunan, material dan bahan bangunan, serta tergantung dari pondasi bangunan. Berikut ini persyaratan pembangunan untuk prasarana air limbah domestik berdasarkan jenis material bangunan:

1) Pekerjaan struktur prasarana air limbah domestik

Persyaratan material beton bertulang dan persyaratan struktur beton bertulang sebagai berikut:

- (a) Pemasangan bekisting/cetakan dari *plywood* minimal tebal 20 mm, bingkai 5/7 dan penopang balok 6/12, serta perancah dari kayu atau *scaffolding*.
- (b) Bekisting dan perancah yang digunakan mampu menahan beban, dengan ketebalan *plywood* minimal 12 mm dan jarak antar tiang penopang/perancah diatur agar tidak terjadi lendutan pada saat pengecoran atau sesudahnya.
- (c) Bekisting baru dapat dibuka setelah 2 hari untuk pondasi, 4 hari dinding, kolom dan balok samping, 7 hari plat dan balok.

- (d) Diameter tulangan minimal 10 mm ulir mutu U 39/BJTD 40.
- (e) Jarak antar tulangan maksimum 20 cm dan minimal 2,5 cm.
- (f) Menghindari penggunaan beton tulangan tunggal.
- (g) Untuk sambungan besi panjang penyaluran minimum 40 D dan untuk pertemuan ditambahkan tulangan penyaluran 40 D.
- (h) Baja tulangan yang digunakan dapat menggunakan U 39 (3900KG/cm²) atau U24 (2400KG/cm²).
- (i) Besi penahan jarak antara tulangan dalam dan luar (kaki ayam) dipasang dengan jarak minimal 1m.
- (j) Struktur bangunan menggunakan beton bertulang minimal K 225, dapat menggunakan beton *ready mix* atau pencampuran di lapangan (*site mix*).
- (k) Rasio air/semen maks.0,5 liter/kg dengan kadar semen min. 300 kg/m³, menggunakan semen Portland sesuai dengan SNI-15-2049-1999 untuk struktur bangunan yang tidak tersentuh air limbah dan semen tahan sulfat untuk struktur bangunan yang tersentuh oleh air limbah dan tertutup sesuai dengan SII-0013-84.
- (l) Beton yang dipakai harus di test slump, untuk beton bertulang slump dibuat 75 – 100 mm dan dilakukan test kubus/silinder dengan membuat benda uji minimal 3 sampel setiap pengecoran atau tidak kurang dari satu pengujian untuk setiap 60 m³ beton.
- (m) Mutu beton *deking* minimal sama dengan mutu beton konstruksi.
- (n) Penggunaan pemadatan beton atau vibrator tidak boleh menyentuh besi, dengan diameter 38 mm.
- (o) Selimut beton 3,5 cm untuk beton yang tidak terekspos dan 7,5 cm untuk beton yang terendam/tertanam sesuai SNI 03-2847-2002.

- (p) Pemberhentian pengecoran/sambungan beton diijinkan dengan menggunakan *water stop* untuk menghindari kebocoran.
 - (q) Perawatan (*curing*) beton dilakukan selama 7 hari setelah pengecoran.
- 2) Pekerjaan struktur prasarana air limbah domestik.
- Persyaratan struktur pekerjaan pasangan batu sebagai berikut:
- (a) batu yang digunakan berupa batu kali;
 - (b) batu tidak berbentuk bulat atau endapan;
 - (c) batu yang digunakan sudah dipecah, keras, tidak porous, bersih dan besarnya antara 15 - 20 cm;
 - (d) batu memiliki ketebalan yang tidak kurang dari 150 mm dan lebar tidak kurang dari 1.5 kali tebalnya dan panjang tidak kurang dari 1.5 kali lebarnya;
 - (e) persyaratan bahan semen, pasir dan air sama dengan ketentuan dalam pekerjaan beton; dan
 - (f) adukan mortar untuk pasangan batu kali harus mempunyai kuat tekan paling sedikit 70 kg/cm² pada umur 28 hari.
- 3) Pekerjaan struktur prasarana air limbah domestik.
- Persyaratan struktur baja sebagai berikut:
- (a) Gambar kerja yang menunjukkan detail lengkap dari semua komponen, panjang serta ukuran las, jumlah, ukuran, tempat baut serta detail lainnya yang diperlukan untuk proses fabrikasi.
 - (b) Spesifikasi struktur baja harus mengikuti SNI 03-6764-2002 tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian B (Bahan Bangunan dari Besi/Baja).
 - (c) Bentuk profil, pelat dan kisi-kisi untuk tujuan semua konstruksi dibaut atau di las harus baja karbon yang memenuhi persyaratan SNI 03-1729-2002.

- (d) Pengelasan struktur baja dilaksanakan berdasarkan SNI 07-0242.1-2000 tentang Spesifikasi Pipa Baja yang Dilas dan Tanpa Sambungan dengan Lapis Hitam dan Galvanis Panas.
 - (e) SNI 07-6402-2000 tentang Spesifikasi Tabung Baja Karbon Struktural Berbentuk Bulat dan Lainnya yang Dibentuk dalam Keadaan Dingin dengan Dilas Tanpa Kampuh.
 - (f) SNI 03-6763-2002 tentang Spesifikasi Tabung Baja Karbon Struktural yang Dibentuk dalam Keadaan Panas dengan Dilas Tanpa Kampuh.
 - (g) Sambungan baja ke baja, pengikat harus baja karbon yang memenuhi persyaratan ASTM A 325 dan/atau ASTM A 490 dan harus terlapis Cadmium.
 - (h) Pengelasan konstruksi baja harus sesuai dengan gambar konstruksi, dan harus mengikuti prosedur sesuai SNI 03-1729-2002.
 - (i) Cat dasar berupa cat *zink chromate*, dan pengecatan dilakukan satu kali di pabrik dan satu kali di lapangan. Baja yang akan ditanam di dalam beton tidak boleh di cat.
 - (j) Cat akhir adalah cat enamel dan pengecatan dilakukan 2 kali yaitu lapisan awal dan akhir (*finishing*) sesuai SNI 07-1343-1989, kecuali bila dinyatakan lain dalam gambar atau spesifikasi teknis;
 - (k) Baut untuk angkar, baut hitam, baut kekuatan tinggi dan lain-lain harus disediakan dan harus dipasang sebagaimana mestinya sesuai dengan gambar detail. Baut kekuatan tinggi harus dikencangkan dengan kunci momen (*torque wrench*);
 - (l) Penyimpangan kolom dari sumbu vertikal tidak boleh lebih dari 1/1500 dari tinggi vertikal kolom.
- 4) Pekerjaan struktur prasarana air limbah domestik.
- Persyaratan struktur kayu sebagai berikut:

- (a) Kayu yang dipakai harus kering udara, kadar air dalam kayu maksimum 23%, sedangkan untuk kusen daun pintu, daun jendela, jelusi dan elemen lainnya maksimum 20%.
- (b) Sambungan kayu dibuat sesederhana mungkin tapi kokoh, perhatikan penempatan sambungan, harus tahan terhadap gaya yang bekerja padanya, konstruksi sambungan dibuat yang pas.
- (c) Apabila yang bekerja gaya tarik, maka sambungan kedua batang kayu tersebut harus saling mengait agar tidak mudah lepas.
- (d) Apabila yang bekerja gaya tekan, maka sambungan kedua batang kayu diusahakan agar permukaan batang yang akan disambung saling menempel rapat.
- (e) Apabila yang bekerja gaya lintang dan momen, maka gaya lintang akan menyebabkan sambungan akan saling bergeser sedang momen akan menyebabkan suatu lenturan. Maka dalam hal ini sambungan harus kuat dan kaku misalnya memakai sambungan pengunci.
- (f) Apabila sambungan atau hubungan terdapat gaya puntir, maka sambungan kedua batang kayu harus saling mencengkeram agar tidak mudah terjungkit lepas misalnya memakai sambungan tarikan lurus rangkap untuk sambungan tiang dan hubungan pen, serta lubang untuk hubungan sudut.
- (g) Sebelum kedua kayu yang akan disambung disatukan, lebih dahulu bidang sambungannya diberi cairan pengawet agar tidak mudah lapuk, sebab daerah sambungan mudah dimasuki air dan air yang tertinggal ini menyebabkan pelapukan.
- (h) Sambungan kayu diusahakan agar terlihat dari luar untuk memudahkan kontrol dan perbaikan.

Persyaratan material pekerjaan sipil untuk pekerjaan struktur prasarana air limbah domestik sebagai berikut:

- (a) Semua material telah dilakukan pengecekan terhadap sumber material/*quary*.
 - (b) Dilakukan pemeriksaan terhadap semua jenis material baik secara manual maupun di laboratorium untuk mengetahui *properties* setiap material.
 - (c) Contoh kekentalan beton untuk jenis konstruksi berdasarkan pengujian dengan ASTM C 143 sesuai SNI 03-1972-1990 tentang metode pengujian beton.
 - (d) Sebelum pelaksanaan pekerjaan, terlebih dahulu melaksanakan percobaan di laboratorium sebagai persiapan dari percobaan pendahuluan sampai didapatkan perbandingan bermutu untuk beton yang dipakai.
 - (e) Setiap ada perubahan jenis bahan, harus diadakan percobaan di laboratorium untuk mendapatkan mutu beton yang diperlukan.
 - (f) Benda uji yang dibuat dalam percobaan ini dan prosedur percobaan harus sesuai dengan SNI 03-2847-1992 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
 - (g) Bahan pembentuk beton harus dicampur dan diaduk dalam mesin pengaduk beton selama sedikitnya 90 detik sesudah semua bahan di dalam *mixer* kecuali air.
 - (h) Untuk material pabrikan dipastikan telah melalui pengujian mutu sesuai dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh pabrik, apabila perlu dilakukan pengujian ulang.
- c) Pekerjaan mekanikal dan elektrikal dalam pembangunan prasarana dan sarana air limbah domestik merupakan penyediaan sarana pelengkap pada Sub-sistem Pengumpulan dan Sub-sistem Pengolahan yang meliputi:
- 1) pompa;
 - 2) aerator;
 - 3) kompresor;

- 4) blower;
- 5) generator listrik;
- 6) perpipaan;
- 7) alat pendukung; dan/atau
- 8) aksesoris lainnya.

Sarana pelengkap di atas merupakan bagian kegiatan pengadaan barang elektro mekanikal termasuk didalamnya proses instalasi sarana. Penyediaan sarana mekanikal dan elektrik perlu diperhatikan sebagai berikut:

- 1) Pemilihan barang mekanikal, seperti pompa dorong perlu memperhatikan kelengkapan dan ketersediaan suku cadang, sesuai dengan SNI dan spesifikasi teknis yang telah ditentukan pada tahap perencanaan.
- 2) Jadwal penyediaan peralatan M & E disesuaikan dengan jadwal pelaksanaan konstruksi prasarana dan sarana air limbah domestik, sehingga dapat langsung dilakukan proses instalasi.
- 3) Peralatan M & E yang akan digunakan harus melalui proses pengujian. Pengujian dilaksanakan di laboratorium pabrik dengan dihadiri oleh konsultan pengawas atau pengawas dan pelaksana konstruksi.
- 4) Kontraktor menyiapkan *technical data sheet* untuk seluruh bagian sarana M & E beserta aksesoris kepada pemberi kerja untuk mendapatkan persetujuan sebelum proses manufaktur dimulai.
- 5) Kontraktor menyiapkan *shop drawing* yang mengindikasikan pengukuran detail, proses produksi, *finishing*, berat total posisi pemasangan sesuai dengan kondisi lapangan.
- 6) Setelah sarana M & E ter kirim di lapangan, harus dilaksanakan inspeksi visual yang dilaksanakan untuk memastikan bahwa seluruh ketentuan dalam *technical data sheet* dipenuhi. Visual inspeksi disaksikan oleh wakil pemberi kerja dan laporannya ditandatangani seluruh pihak yang hadir.

2. Uji coba sistem

Uji coba sistem bertujuan untuk memastikan bahwa hasil pekerjaan pelaksana konstruksi sesuai dengan perencanaan dan berfungsi sesuai dengan persyaratan. Beberapa hal yang perlu disediakan dalam kegiatan uji coba sistem antara lain:

- a) tersedianya standar untuk pengujian;
- b) tersedianya alat ukur peralatan yang digunakan seperti pengukur waktu (*stopwatch*), manometer, alat perekam atau kamera; dan
- c) tersedianya gambar teknis (*as built drawing*).

Uji coba sistem dilaksanakan terhadap:

- a) Sub-sistem Pelayanan, meliputi pipa sambungan pelayanan dan bangunan pelengkap;
- b) Unit pengumpul, meliputi jaringan pipalateral/servis, pipa induk dan bangunan pelengkap;
- c) Sub-sistem Pengolahan air limbah domestik, meliputi IPALD dan pengolahan lumpur; dan
- d) pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal

Hasil uji coba sistem menggambarkan kinerja sistem atau memastikan spesifikasi dan ukuran yang dipasang sudah sesuai perencanaan. Dalam hal kinerja sistem dan prasarana yang terbangun tidak sesuai dengan spesifikasi dan ukuran yang disepakati, pelaksana konstruksi harus memperbaiki. Hasil uji coba sistem dituangkan dalam berita acara ditandatangani oleh pelaksana konstruksi dan pemberi pekerjaan.

C. TATA CARA PELAKSANAAN KONSTRUKSI PRASARANA SPALD-S

Tata Cara Pelaksanaan konstruksi SPALD-S dilaksanakan berdasarkan komponen Sub-sistem Pengolahan Setempat dan Sub-sistem Pengolahan Lumpur Tinja. Pelaksanaan konstruksi Sub-sistem Pengolahan Setempat sesuai unit pengolahan setempat, meliputi:

1. Pelaksanaan Konstruksi Cubluk Kembar

Pelaksanaan konstruksi Cubluk Kembar dapat dilaksanakan dengan cara:

- a) pelaksanaan konstruksi cubluk kembar in-situ; dan
- b) pelaksanaan konstruksi cubluk kembar pra-cetak.

Komponen bangunan cubluk kembar terdiri dari:

- a) toilet leher angsa;
- b) bangunan ruang toilet;
- c) cubluk;
- d) penutup cubluk;
- e) sistem perpipaan (air buangan dan air bersih);
- f) sistem ventilasi cubluk; dan
- g) bidang resapan.

Bahan bangunan yang digunakan dalam pembuatan cubluk kembar dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 Bahan Bangunan Untuk Cubluk Kembar

No	Bahan Komponen	Pasangan Batu Cetak/Batu Merah Diplester	Pasangan Batu Cetak/Batu Merah Dengan Siar Tegak Kosong	Pipa Beton Kedap Air/Pipa PVC	Beton Bertulang
1.	Lubang Sumuran				
	• Dinding Atas	✓			
	• Dinding Bawah		✓		
2.	Tutup cubluk				✓
3.	Tutup bak kontrol				✓
4.	Saluran Penghubung			✓	
5.	Bak kontrol	✓			✓

Tahapan persiapan konstruksi pada cubluk kembar in-situ meliputi:

a) Pekerjaan persiapan

Persiapan pembangunan cubluk dimulai dari penentuan lokasi cubluk sesuai dengan kriteria teknis perencanaan cubluk kembar. Pekerjaan persiapan meliputi penyiapan tanah, penempatan patok dan pengadaan bahan bangunan.

b) Pekerjaan tanah

Pekerjaan penggalian tanah dilakukan untuk cubluk dan jaringan pipa air buangan. Untuk penggalian lubang cubluk, tahapan yang perlu dilakukan:

- 1) galian tanah sesuai dengan batas patoknya;
- 2) apabila kedalaman galian tanah telah sesuai dengan rencana, kemudian periksa apakah dindingnya sudah tegak lurus;
- 3) ratakan dan padatkan tanah disekeliling dasar cubluk supaya datar dan padat untuk dipakai sebagai pondasi dinding cubluk.

c) Pelaksanaan konstruksi

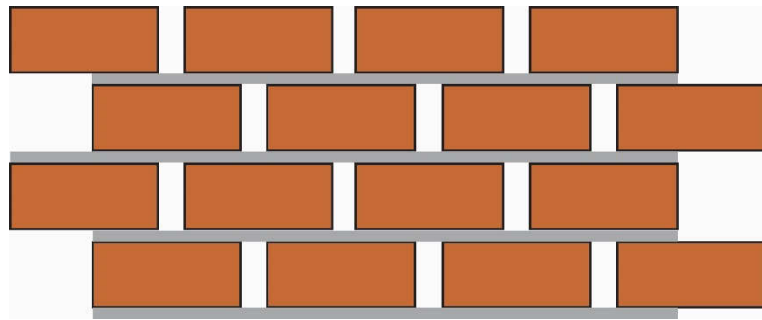
Pelaksanaan konstruksi pada cubluk kembar dilakukan dengan cara:

1) Dinding Cubluk

Setelah lubang cubluk selesai, tahapan selanjutnya memasang dinding cubluk dengan pasangan batu bata. Hal penting yang harus menjadi perhatian, dinding bagian bawah harus didesain agar air dapat meresap ke dalam tanah. Tahapan pemasangan dinding sebagai berikut:

- (a) Berikan torehan dengan pacul dan linggis pada dinding cubluk agar diperoleh daya rekat dan daya resap yang lebih baik.
- (b) Letakkan pasangan batu bata atau batako pertama dengan arah melintang di atas tanah dan diberi adukan semen : pasir = 1 : 5, celah pasangan antara bata 1 - 2 cm, apabila menggunakan batako celah pasangan diambil 1 - 3 cm yang berfungsi untuk meresapkan cairan tinja.

- (c) Isi celah pasangan antar bata atau batako dengan adukan spesi (mortar).



Gambar 2 Susunan Pasangan Batu Bata untuk Dinding Bawah Cubluk

- (d) Melapisi dinding di atas permukaan tanah sampai bibir cubluk sebagai berikut:
- (1) Tarik benang untuk meluruskan pemasangan batu bata atau batako tersebut.
 - (2) Pasang batu bata atau batako berikutnya diatas pondasi.

Bibir cubluk merupakan bagian dinding cubluk atas yang diplester kedap air setinggi 30 - 40 cm. Bibir cubluk atas yang diplester terbuat dari batu bata atau batako dengan adukan semen : pasir = 1 : 3. Bagian atas cubluk harus dihaluskan dengan cairan semen (aci). Perlu diperhatikan agar sekeliling dinding cubluk diberi tambahan lapisan tanah setinggi 5 cm agar air tidak tergenang di sekitar cubluk.

2) Tutup Cubluk

Penutup cubluk dapat terbuat dari material beton atau bahan lain yang mudah didapatkan di area setempat.

Tahapan persiapan konstruksi pada cubluk kembar pra-cetak meliputi:

a) Membuat Cetakan

Cara membuat cetakan meliputi:

- 1) Carilah tempat yang rata, teduh, dan tidak terganggu kegiatan lain.

- 2) Tancapkan patok sebagai titik pusat titik cubluk (untuk tutup cubluk bentuk lingkaran).
 - 3) Ikatkan tali pada patok, rentangkan tali tersebut, dan putar mengelilingi patok, beri tanda pada patok garis yang dibuat melingkar, sedangkan untuk cubluk yang berbentuk bujur sangkar dapat menggunakan patok sebanyak 4 buah yang dibuat siku.
 - 4) Pakailah triplek dengan lebar 5 cm sebagai cetakan untuk pembatas pengecoran dan tulangan.
 - 5) Pasang triplek sebagai cetakan itu bagian dalam patok dan patok harus lebih rendah dari cetakan agar mudah meratakan adukan nantinya.
 - 6) Buat cetakan lubang untuk pipa ventilasi dengan menggunakan pipa.
- b) Menyiapkan Tulangan Beton
- Cara menyiapkan tulangan beton sebagai berikut:
- 1) Gunakan besi beton yang bebas karat.
 - 2) Rakit besi beton dalam cetakan agar ukurannya sesuai dengan yang diinginkan.
 - 3) Jarak antara tulangan beton 15 cm.
 - 4) Jika setiap persilangan tulangan dengan kawat pengikat, beri ganjalan dengan kerikil setinggi 2 cm dari lantai cetakan.
 - 5) Siapkan 2 buah cincin untuk pegangan cubluk.
- c) Menyiapkan Beton
- Bahan untuk pembuatan beton harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
- 1) Semen yang akan dipakai harus sesuai.
 - 2) Pasir dan kerikil yang digunakan harus bersih dari kotoran/zat organik sesuai.
 - 3) Gunakan air bersih untuk adukan campuran beton sesuai SNI.
- d) Mengaduk beton dan mengecor beton
- Cara pembuatan beton sebagai berikut:
- 1) Takar dan aduk sampai rata, dengan mutu beton K 225.
 - 2) Buat lekukan di tengah adukan, tuangkan air perlahan dan aduk setiap kali air ditambah.

- 3) Setelah adukan matang, segera tuangkan adukan beton pada bagian dasar cetakan yang telah diberi lapisan plastik atau kertas semen dan hindari kontak langsung dengan tanah.
- 4) Ratakan beton dengan papan.
- 5) Setelah adukan mulai mengering \pm 3 jam dari pengecoran, tutuplah pencetakan beton tersebut dengan karung goni atau kertas semen kemudian siramkan air setiap 12 jam agar beton tetap lembab.
- 6) 3 (tiga) hari setelah itu baru cetakan dapat dibuka dan tutup cubluk dapat diangkat

Pelaksanaan konstruksi dan pemasangan peralatan pada cubluk:

a) Membuat Saluran Penghubung

Saluran penghubung antara kloset jongkok ke cubluk dibuat dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Tutuplah cubluk untuk sementara dengan papan atau lembaran plastik agar tidak terjadi kecelakaan dan air tidak masuk ke dalamnya.
- 2) Patok bak kontrol dan tempat kloset jongkok.
- 3) Gali parit dengan kemiringan 2%, mulai dari lubang masuk ke cubluk sampai ke plat jongkok melalui bak kontrol.
- 4) Galilah lubang dengan ukuran 40 cm x 40 cm x 40 cm di tempat yang disediakan untuk bak kontrol, lokasi bak kontrol di tengah antara plat jongkok dan cubluk.
- 5) Pipa harus dibuat menjorok masuk ke cubluk minimal 10 cm.
- 6) Semua pipa menjorok masuk ke cubluk minimal 10 cm.
- 7) Jarak plat jongkok dengan dinding belakang jamban minimal 20 cm.

b) Membuat Bak Kontrol

Bak kontrol dapat dibuat sebagai berikut:

- 1) Lubang bak kontrol minimal 10 cm di bawah mulut pipa dan pipa pembawa harus menjorok 10 cm ke dalam lubang bak kontrol.

- 2) Bangunan bak kontrol 40 cm x 40 cm x 40 cm dibuat dari pasangan batu/batako, sesuai gambar rencana.
- 3) Apabila plesteran sudah kering, periksa kelancaran aliran air dengan cara menyiramkan satu ember air ke dalam plat jongkok.
- c) Membuat Pipa Penghubung Leher Angsa ke Cubluk
Pipa yang menghubungkan jamban ke cubluk dipasang dengan komposisi adukan semen : pasir = 1 : 3 dan ditutup dengan urukan tanah:
 - 1) Pasang pipa di bak kontrol.
 - 2) Pasang dan plester pipa masuk ke cubluk agar kedap air.
 - 3) Leher angsa harus dipasang mendatar.
 - 4) Ganjal pelat dengan bata apabila kedudukannya sudah tepat.
 - 5) Pasang leher angsa ke pipa penyalur tinja.
 - 6) Pasang leher angsa ke dalam pasir atau adukan encer.
 - 7) Periksa semua sambungan pipa jangan ada bocor, bila ada yang bocor ditambah dengan adukan.
- d) Pipa Ventilasi
Pipa ventilasi disambungkan dengan lubang pada tutup cubluk yang telah dibuat. Pipa ventilasi maksimal setinggi bangunan toilet dengan ujungnya dipasang sambungan U atau T dan dipasang kawat untuk mencegah binatang masuk ke dalam cubluk.

2. Pelaksanaan Konstruksi Tangki Septik

Komponen bangunan tangki septik terdiri dari:

- a) Tangki Septik; dan
- b) Sistem Resapan.

Tahapan Persiapan Konstruksi pada Tangki Septik meliputi:

- a) Pekerjaan persiapan

Persiapan pembangunan tangki septik dimulai dari penentuan lokasi tangki septik sesuai dengan kriteria teknis perencanaan tangki septik. Pekerjaan persiapan meliputi penyiapan lahan, penempatan patok dan mobilisasi/pengadaan bahan bangunan.

b) Pekerjaan tanah

Pekerjaan penggalian tanah dilakukan untuk tangki septik dan jaringan pipa air buangan. Untuk penggalian lubang tangki septik, tahapan yang perlu dilakukan:

- 1) galian tanah sesuai dengan batas patoknya;
- 2) apabila kedalaman galian tanah telah sesuai dengan rencana, kemudian periksa apakah dindingnya sudah tegak lurus;
- 3) ratakan dan padatkan tanah disekeliling dasar tangki septik supaya datar dan padat untuk dipakai sebagai pondasi dinding tangki septik

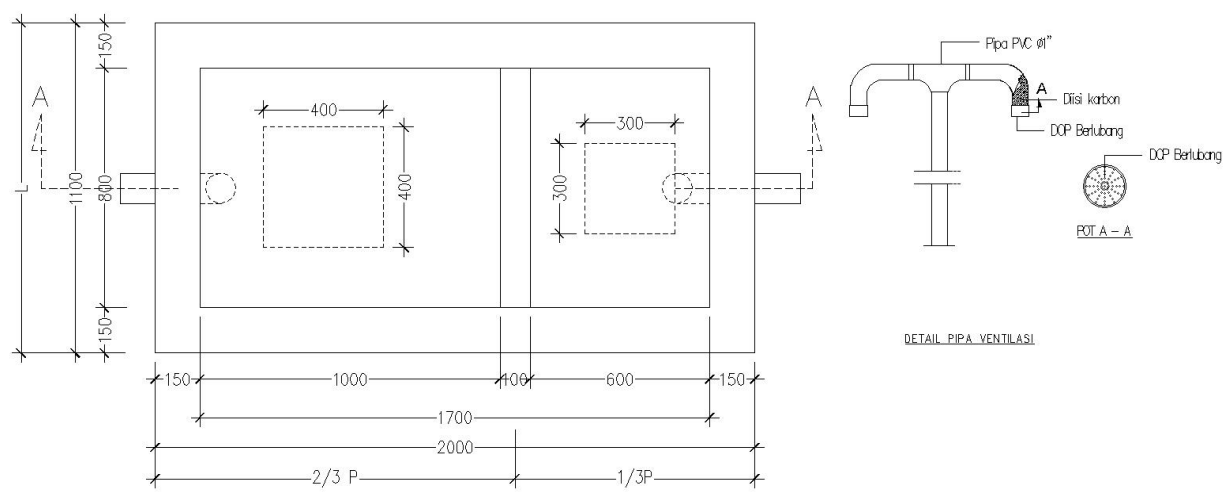
Tahapan Pelaksanaan Konstruksi Tangki Septik terdiri dari :

a) Pembuatan Kompartemen

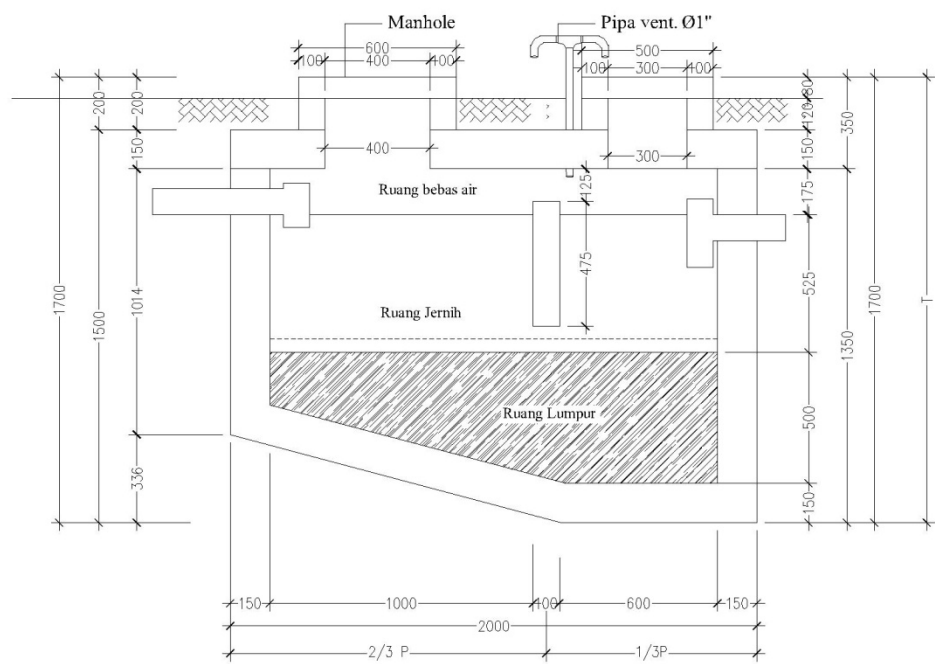
- 1) Lokasi kompartemen ditempatkan di elevasi yang paling rendah dari sumber air limbah domestik.
- 2) Tanah digali sedalam rencana *settler* dan kompartemen.
- 3) Pasang lantai kompartemen dan *settler* dengan konstruksi beton bertulang tebal 12 cm.
- 4) Buat dinding kompartemen dan *settler* dari pasangan beton/batu bata dengan ukuran $\frac{1}{2}$ bata.
- 5) Buat plat penutup dengan konstruksi beton bertulang tebal 12 cm atau disesuaikan kebutuhan pembebanan di atasnya jika dibangun di bawah jalan.
- 6) Pasang perpipaan dari *settler* dan antar kompartemen.

b) Penyediaan Sarana Penunjang

- 1) Buatkan aliran keluar dari kompartemen ke bidang atau sumur resapan.
- 2) Disetiap kompartemen dibuatkan lubang kontrol dengan penutup yang terbuat dari beton berbentuk segi empat.
- 3) Hindari penggunaan pompa.
- 4) Siapkan fasilitas untuk penyedotan lumpur.



DENAH TANGKI SEPTIK SATU KOMPARTEMEN



POTONGAN A-A

Gambar 3 Contoh Struktur Tangki Septik

3. Pelaksanaan Konstruksi MCK

Komponen bangunan MCK terdiri dari:

a) Bangunan atas

Bangunan ruang untuk mandi terdiri dari bangunan tembok, ventilasi dan atap dilakukan dengan mengacu pada standar pembangunan dalam SNI.

Bangunan atas terdiri dari:

- 1) bangunan atas untuk MCK; dan
- 2) bangunan ruang cuci.

- b) Bangunan bawah
Bangunan bawah MCK berupa tangki septik sesuai dengan SNI termasuk bidang resapan atau sumur resapan.
- c) Fasilitas pendukung
 - 1) Sumur, apabila kebutuhan air bersih tidak dilayani oleh PDAM;
 - 2) saluran drainase/pematusan;
 - 3) reservoir bawah dan/atau atas apabila diperlukan; dan
 - 4) sistem plumbing dan pompa.

Kegiatan Persiapan Konstruksi MCK meliputi:

- a) Persiapan pembangunan MCK dimulai dari penentuan lokasi MCK sesuai dengan kriteria teknis perencanaan MCK.
- b) Pekerjaan persiapan meliputi penyiapan lahan, penempatan patok dan mobilisasi/pengadaan bahan bangunan.

Kegiatan Pelaksanaan Konstruksi MCK meliputi:

- a) Pekerjaan tanah
Pekerjaan tanah terdiri dari:
 - 1) Pekerjaan galian
Pekerjaan galian meliputi galian untuk perpipaan, *grease trap*, *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*, *wetland* dan bak penampung, bak kontrol akhir, *manhole*, dan lain-lain. Pekerjaan ini termasuk pekerjaan untuk mengisi kembali lubang kelebihan galian dengan material yang baik dan telah disetujui. Metode pelaksanaan galian konstruksi meliputi:
 - (a) Sebelum mulai mengerjakan pekerjaan galian, ketinggian penampang/*pile* dapat ditentukan. Pengukuran dapat dilakukan pada keadaan tanah yang belum terganggu. Dasar galian harus digali sampai batas kemiringan dan *pile* yang dicantumkan pada gambar rencana.
 - (b) Apabila dijumpai kondisi yang tak memuaskan pada kedalaman yang diperlihatkan pada gambar, maka penggalian harus diperdalam atau diubah sesuai persetujuan dengan pemberi tugas.

- (c) Jika menggunakan peralatan berat untuk pemindahan tanah, pemadatan atau keperluan lainnya, alat berat tersebut tidak berada atau beroperasi lebih dekat dari 1,5 m dari tepi galian terbuka atau galian pondasi, kecuali apabila pipa atau struktur lainnya telah dipasang dan ditutup dengan minimal 60 cm urukan yang telah dipadatkan.

2) Pekerjaan pemindahan tanah

Beberapa hal yang harus diperhatikan saat melakukan pekerjaan pemindahan tanah yaitu:

- (a) tanah hasil galian dipindahkan ke lokasi yang telah ditentukan; dan
- (b) untuk kebutuhan penimbunan kembali, 1/3 dari hasil galian dapat dimanfaatkan untuk timbunan tersebut.

3) Pekerjaan urukan tanah/timbunan

Beberapa hal yang perlu diperhatikan saat melaksanakan pengurukan tanah:

- (a) Timbunan dilaksanakan pada semua bekas lubang galian, semua bagian yang harus ditinggikan. Urukan tanah dilaksanakan menurut gambar serta *pile* yang telah ditetapkan termasuk kegiatan perataan dan penyelesaian disekitarnya.
- (b) Semua bahan timbunan terdiri dari bahan galian yang baik dan telah disetujui oleh pengawas/penanggung jawab pelaksana konstruksi.
- (c) Bahan timbunan yang berisi tumbuhan lapuk serta bahan yang dapat membusuk atau batu yang besarnya melebihi 100 mm tidak menggunakan untuk timbunan. Bahan timbunan tidak boleh diambil dari tanah bekas dari pembersihan lahan dan pengupasan humus.
- (d) Apabila bahan timbunan yang sesuai di lokasi tidak cukup tersedia, maka kekurangannya harus didatangkan dengan bahan sesuai spesifikasi teknis.
- (e) Sisa tanah/material bekas galian, setelah

pengurukan selesai harus diangkat dan dibuang sehingga bersih dan rapi.

4) Pekerjaan urukan pasir

Beberapa hal yang harus diperhatikan saat melaksanakan pengurukan pasir:

- (a) Urukan pasir harus dipadatkan lapis demi lapis secara manual.
- (b) Urukan pasir dilakukan pada seluruh bagian yang telah ditentukan pada gambar pelaksanaan.
- (c) Tebal urukan pasir disesuaikan dengan ketentuan yang tercantum pada gambar pelaksanaan.
- (d) Pasir uruk tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 30% dan bebas dari batu dan kerikil.

5) Pekerjaan pemadatan tanah

Setelah pekerjaan penggalian, tanah runtuh dan serpihan bekas galian digunakan untuk pemadatan tanah pada dasar tanah.

Material timbunan dihamparkan lapis demi lapis kemudian dipadatkan dalam keadaan cukup basah (kalau perlu disiram air secukupnya), pemadatan dilakukan dengan *stamper* atau pemberat yang ditentukan oleh pengawas/penanggung jawab pelaksana konstruksi.

b) Tahapan Pelaksanaan Konstruksi MCK meliputi:

1) Tahapan konstruksi bangunan atas MCK terdiri dari:

- (a) Pemasangan toilet mengacu pada SNI.
- (b) Bangunan saluran pematusan/drainase disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan sesuai dengan gambar perencanaan. Tata cara dan prosedur pembangunan mengacu pada standar pembangunan dalam SNI.
- (c) Pemasangan peralatan meliputi:
 - (1) pemasangan valve dan kran (*plumbing fixture*); dan
 - (2) pemasangan pompa apabila diperlukan.

2) Tahapan konstruksi bangunan bawah MCK

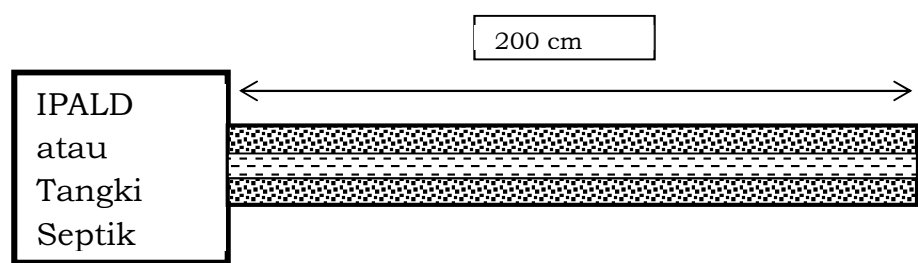
- (a) Pemasangan batas rencana bangunan sesuai gambar desain.

- (b) Pekerjaan tanah yang meliputi penggalian, pembuangan tanah dan pemadatan tanah dilakukan sesuai dengan prosedur standar yang ditetapkan atau sesuai dengan rencana kerja dan syarat yang tertuang dalam dokumen perencanaan.
 - (c) Pembangunan tangki septik sesuai dengan SKSNI Nomor T.07-1989-T mengenai tata cara perencanaan tangki septik. Pekerjaan pembuatan tangki septik meliputi:
 - (1) pekerjaan tutup tangki;
 - (2) pekerjaan galian tanah;
 - (3) pekerjaan lapisan dasar galian pondasi, pemberian pasir uruk setebal 5 cm, diratakan dan dipadatkan;
 - (4) pekerjaan dinding batu bata dengan komposisi semen : pasir = 1 : 3;
 - (5) pekerjaan lantai;
 - (6) pemasangan pipa masuk dan keluar, dengan mengikuti pada petunjuk di gambar desain, atau dibuat perbedaan antara posisi pipa masuk dan pipa keluar;
 - (7) pembuatan dinding penyekat dari pasangan batu bata dengan ketebalan $\frac{1}{2}$ bata;
 - (8) pekerjaan plesteran lantai dan dinding; dan
 - (9) pemasangan tutup, pipa ventilasi dan pengurukan dengan tanah.
- 3) Tahapan konstruksi peresapan MCK meliputi:
- (a) Konstruksi bidang resapan

Bidang resapan terdiri dari pipa PVC diameter 4 *inch* berlubang berfungsi menyebarkan atau mendistribusikan cairan, yang diletakkan dalam parit dengan lebar 60 cm – 90 cm. Pipa berlubang ditempatkan dan dikubur dengan kerikil selanjutnya berturut-turut ke atas yaitu lapisan ijuk untuk mencegah material halus masuk ke kerikil, lapisan pasir untuk mencegah bau dan pertumbuhan akar tanaman agar tidak mencapai

kerikil dan pipa, lapisan tanah secukupnya untuk mengurangi infiltrasi air hujan. Untuk bidang resapan lebih dari 1 lajur maka jarak minimal antar lajur yaitu 150 cm. Pipa harus diletakkan 5 – 15 cm dari permukaan agar air limbah domestik tidak naik ke atas. Parit ini harus digali dengan panjang tidak lebih dari 20 meter.

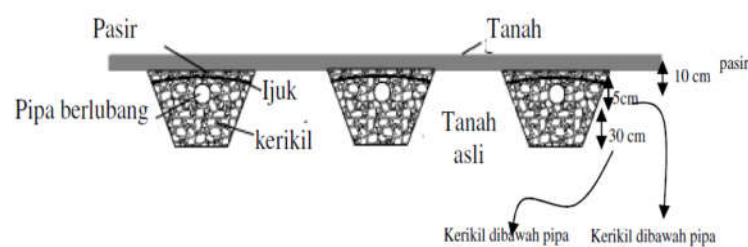
(1) Bidang resapan dengan sistem perpipaan



(2) Bidang resapan paralel



(3) Penampang bidang resapan



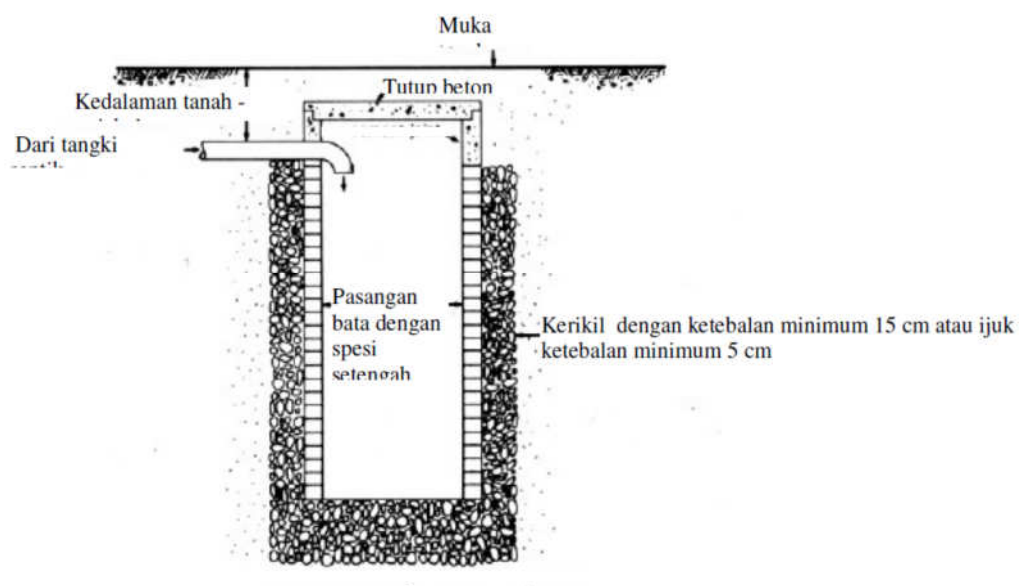
Gambar 4 Resapan sistem perpipaan

(b) Konstruksi sumur resapan

Secara umum sumur resapan lebih sederhana dibanding dengan bidang resapan sebagaimana terlihat dalam gambar tipikal sumur resapan pada Gambar 5. Sumur resapan dapat dibiarkan kosong dan dilapisi dengan bahan yang dapat menyerap

(untuk penopang dan mencegah longsor), atau dilapisi dan diisi dengan batu dan kerikil kasar. Batu dan kerikil akan menopang dinding agar tidak runtuh, tetapi masih memberikan ruang yang mencukupi untuk air limbah. Dalam kedua kasus ini, lapisan pasir dan krikil halus harus disebarkan diseluruh bagian dasar untuk membantu penyebaran aliran. Kedalaman sumur resapan harus (1.5 – 4) meter, tidak boleh kurang dari 1.5 meter diatas tinggi permukaan air tanah, dengan diameter (1.0 – 3.5) meter.

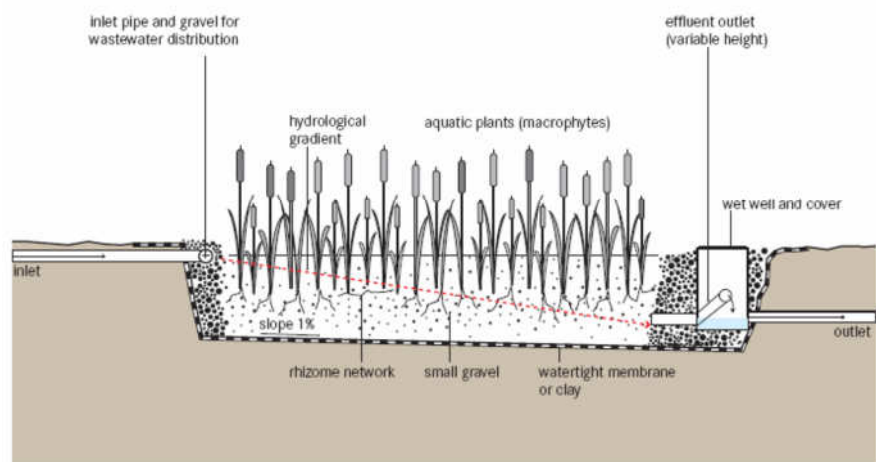
Sumur ini harus diletakkan lebih rendah minimal 15 meter dari sumber air minum dan sumur. Sumur resapan harus cukup besar untuk menghindari banjir dan luapan air. Kapasitas minimal sumur resapan harus mampu menampung semua air limbah yang dihasilkan dari satu kegiatan mencuci atau dalam satu hari, volume manapun yang paling besar.



Gambar 5 Tipikal sumur resapan.

- (c) Konstruksi bangunan lahan basah buatan (*Wetland*)
Lahan basah buatan (aliran horizontal di bawah permukaan) merupakan saluran yang diisi pasir dan

kerikil dan ditanami dengan vegetasi air. Air limbah domestik mengalir horizontal melalui saluran yang berisi material penyaring yang mendegradasi zat organik. Tujuannya untuk meniru proses alami yang terjadi di daerah rawa dan payau. Sistem ini memiliki dasar dengan lapisan atau saluran yang diisi dengan pasir atau media (batu, kerikil, pasir, tanah). Saluran atau mangkuk dilapisi dengan penghalang yang tidak tembus air (tanah liat atau geotekstil) untuk mencegah rembesan air limbah domestik. Vegetasi asli (seperti *cattail*, alang-alang dan/atau sulur-sulur) dibiarkan tumbuh di bagian dasar volume bak lahan basah buatan secara mudahnya dapat dihitung berdasarkan kriteria waktu penahanan hidrolis 3-7 hari.



Gambar 6 Tipikal struktur lahan basah buatan (Kolam Sanita)

Pemasangan peralatan pada MCK yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

- (1) pemasangan pompa air untuk mengangkat air dari tandon air bawah ke tandon air atas, apabila diperlukan;
- (2) pemasangan ventilator pada tangki septik;
- (3) pemasangan lampu bilik mandi dan bilik kakus; dan

- (4) pemasangan *shower* apabila disediakan tandon air atas.

4. Pelaksanaan Konstruksi Sub-sistem Pengolahan Lumpur Tinja

Pelaksanaan Konstruksi Sub Sistem Pengolahan Lumpur Tinja berupa IPLT. Unit pengolahan terdiri dari pengolahan air limbah domestik (pengolahan fisik, pengolahan biologis) dan pengolahan lumpur hasil olahan air limbah domestik tersebut (baik berupa lumpur dari pengolahan fisik maupun lumpur dari hasil pengolahan biologis).

a) Umum

- 1) Tersedia lahan untuk bangunan IPALD.
- 2) Merupakan daerah yang bebas banjir, bebas longsor dan bukan daerah patahan.
- 3) Bukan merupakan tanah yang produktif.

b) Ketentuan teknis

- 1) Ada gambar perencanaan/*shop drawing* yang jelas dan lengkap.
- 2) Tersedia ruang kerja dan gudang lengkap dengan fasilitasnya.
- 3) Terdapat data penyelidikan tanah.
- 4) Penggunaan material, jenis peralatan dan alternatif pemilihan struktur bangunan.

c) Pekerjaan Persiapan

- 1) Survei dan penyiapan lokasi.
- 2) Mobilisasi alat dan bahan
- 3) Penentuan titik elevasi.
- 4) Pemasangan *bouwplank*.
- 5) Pembersihan lokasi sesuai perencanaan.
- 6) Perataan tanah untuk dipadatkan.

d) Pelaksanaan konstruksi

- 1) Pekerjaan galian
 - (a) Penentuan posisi dari tiap bangunan kolam sesuai dengan gambar pelaksanaan (*shop drawing*).
 - (b) Galian pondasi dan galian kolam pengolahan serta pembuatan tanggul kolam.
 - (c) *Dewatering* untuk muka air tanah tinggi.

- 2) Pekerjaan beton bertulang sesuai ketentuan Persyaratan Struktur Beton Bertulang.
- 3) Untuk dinding kolam dari beton bertulang perlu dipasang dilatasi untuk menghindari retak menerus.
- 4) Pekerjaan Pasangan Batukali sesuai ketentuan Persyaratan Struktur Pekerjaan Pasangan Batu Kali
- 5) Pekerjaan dasar kolam yang dilapisi geotekstil agar tidak bocor, persyaratan geotekstil yang dipakai yaitu:
 - (a) Memiliki berat minimal 4 kg/m² agar mempunyai kemampuan menahan beban lapisan pelindung (urukan pasir).
 - (b) Memiliki kemampuan untuk menutup kerusakan akibat penetrasi batuan dengan diameter maksimal 5 cm.
 - (c) Sambungan antar struktur dinding dan bagian tepi geotekstil dipastikan mempunyai sambungan yang kuat.
 - (d) Mudah dipasang dan tidak diperlukan tenaga kerja dengan spesifikasi khusus untuk memasangnya.
 - (e) Sebelum pemasangan geotekstil, tanah dasar kolam digali sesuai elevasi rencana dan dipadatkan.
 - (f) Di atas geotekstil diuruk tanah setebal 30 cm dan dipadatkan untuk menghindari udara terperangkap di bawah lapisan geotekstil.
 - (g) Pada kolam pengolahan terutama pada daerah dekat dengan laut yang dimungkinkan adanya pasang surut air laut dapat dipasang pipa evaporasi dilengkapi dengan parit pada dasar kolam sebelum pelaksanaan struktur kolam dikerjakan.

Kolam pengolahan yang menggunakan struktur beton bertulang baik untuk dinding dan dasar kolam sesuai pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang.
- 6) Pekerjaan tanggul
 - (a) Selain menggunakan beton bertulang, dinding kolam dapat dibuat dari urukan tanah (*soil dike*) dan sebagai jalan inspeksi.

- (b) Untuk tanah dengan daya dukung rendah (tanah rawa, gambut, mengembang) dapat dilakukan stabilisasi tanah dasar dengan menggunakan material *pipe vertical drain* (PVD) atau material lainnya.
- (c) Urukan tanah dilakukan per lapis setebal 30 cm dan dipadatkan dengan alat pemadat mekanis.
- (d) Tiap lapisan urukan dipadatkan sampai dengan 95% dari kepadatan kering maksimum yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1742-1989.
- (e) Setelah ketinggian tanggul mencapai elevasi rencana, dilakukan perapihan tepi tanggul dan dibuat kemiringan sesuai gambar rencana.

Lumpur hasil pengolahan air limbah dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk tanaman non pangan, atau tanah penutup (*sanitary landfill*) di tempat pemrosesan akhir sampah.

- e) Bangunan pemrosesan lumpur kering

Bangunan pemrosesan lumpur kering berfungsi untuk menyimpan lumpur hasil olahan sebelum diangkut atau dibuang ke tempat pembuangan.

 - 1) Persyaratan

Pembuatan bangunan hanggar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

 - (a) aksesnya memadai untuk transportasi/kendaraan dan peralatan;
 - (b) umumnya terletak pada daerah yang tanahnya kedap air; dan
 - (c) dekat dengan bangunan pengolahan lumpur.
 - 2) Persyaratan teknis
 - (a) ada gambar perencanaan/ *shop drawing*;
 - (b) tersedia ruang kerja dan gudang material;
 - (c) jenis pondasi dapat dibuat dari beton bertulang atau pasangan batu kali;
 - (d) struktur bangunan atas dari beton bertulang atau baja;
 - (e) pekerjaan lantai dari beton rabat; dan

- (f) pekerjaan atap terbuat dari rangka baja atau kayu.
- 3) Persiapan awal
Lakukan persiapan pekerjaan berikut:
 - (a) survei dan penyiapan lokasi;
 - (b) pengukuran dan pematokan;
 - (c) ratakan tanah dengan menguruk dan/atau menggali dan padatkan; dan
 - (d) penyiapan peralatan/alat bantu dan bahan yang dibutuhkan.
- 4) Pelaksanaan konstruksi
 - (a) Pekerjaan galian dan pondasi
 - (1) Tentukan posisi bangunan hanggar kompos sesuai dengan gambar pelaksanaan/*shop drawing*.
 - (2) Tentukan posisi titik pondasi sesuai gambar pelaksanaan.
 - (3) Metode pelaksanaan pekerjaan pondasi sesuai dengan jenis pondasi yang digunakan.
 - (4) Pekerjaan galian dilakukan dengan alat berat atau manual sesuai dengan kedalaman galian.
 - (5) *Dewatering* untuk mengeluarkan atau memompa genangan air dari tempat galian.
 - (b) Pekerjaan struktur
 - (1) Struktur beton bertulang yang digunakan sesuai dengan ketentuan.
 - (2) Struktur baja yang digunakan sesuai dengan ketentuan.
 - (c) Pekerjaan dinding
 - (1) Dinding dapat terbuat dari pasangan batu bata sesuai ukuran yang disetujui, mortar 1pc : 4ps secara umum, kecuali dinding kamar mandi mortar 1pc : 3ps atau dinding menggunakan material dari kayu dengan memperhatikan rangka dinding, sambungan antara dinding kayu dan perkuatan menggunakan paku atau baut.

- (2) Pemasangan kolom praktis dan pertemuan dinding dengan beton bertulang minimal K225.
- (3) Plesteran umumnya menggunakan mortar 1pc : 5ps atau ditentukan lain.
- (4) Pemasangan kusen/jendela dan daun pintu/jendela.
- (d) Pekerjaan atap
 - (1) Rangka atap dapat terbuat dari baja/baja ringan atau kayu.
 - (2) Struktur baja yang digunakan sesuai ketentuan persyaratan struktur baja.
 - (3) Struktur kayu yang di gunakan harus sesuai SNI 03-2445-1991.
 - (4) Pemasangan penutup atap sesuai gambar rencana.
- f) Bangunan penangkap gas
 - 1) Lokasi tempat bangunan ini dipastikan bebas dari banjir, kondisi tanah padat dan rata.
 - 2) Galian tanah untuk pondasi bangunan sesuai dengan gambar/spesifikasi.
 - 3) Pondasi menggunakan beton bertulang sesuai dengan persyaratan struktur beton bertulang dan dirancang mampu menahan beban struktur di atasnya.
 - 4) Pemasangan bangunan/tangki gas diperkuat dengan jangkar.
 - 5) Pemasangan instalasi perpipaan dan aksesorisnya.
 - 6) Pemasangan ampere meter.
 - 7) Dilakukan pemeriksaan dan pengujian terhadap kebocoran pada tangki maupun pada instalasi perpipaan.

D. TATA CARA PELAKSANAAN KONSTRUKSI SPALD-T

Tata cara pelaksanaan konstruksi SPALD-T terdiri dari:

1. Tata cara pelaksanaan konstruksi Sub-sistem Pelayanan Pekerjaan sambungan rumah meliputi pemasangan jaringan perpipaan dari sumber air limbah domestik (pipa tinja dan non

tinja), pembuatan dan pemasangan bak kontrol pekarangan (*private box/PB*), penangkap lemak dari dapur, bak kontrol akhir (*House Inlet//HI*), bak inspeksi (*Inspection Chamber/IC*), penyambungan pipa persil serta pengurusan dan penutupan *septic tank*. Sub-sistem Pelayanan berfungsi untuk mengumpulkan air limbah domestik (air kotor/*black water* dan air bekas/*grey water*/tidak termasuk air hujan) dari setiap rumah dan menyalurkannya ke dalam Sub-sistem Pengumpulan.

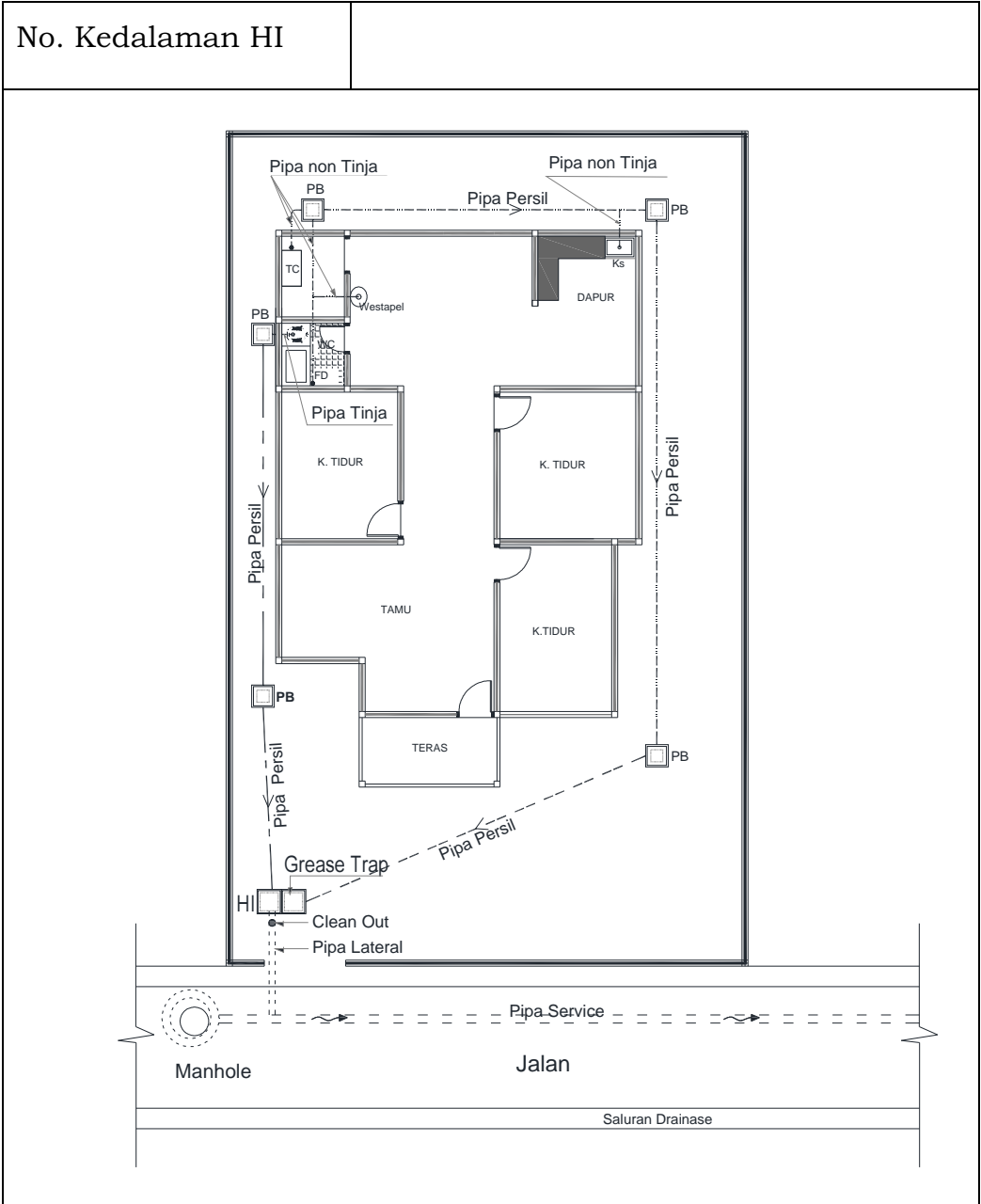
a) Survei

Survei pada Sub-sistem Pelayanan dilakukan agar:

- 1) Mendapatkan data mengenai kondisi eksisting sistem penyaluran sehingga dapat diketahui letak kamar mandi, air buangan, wastafel, dapur, toilet, lokasi tangki septik dan lain-lain sehingga dapat dilakukan pembuatan rencana jalur pipa.
- 2) Rencana jalur pipa mencantumkan diameter, aksesoris, arah aliran dan letak bak kontrol akhir.
- 3) Melakukan identifikasi perbaikan/pengembalian kondisi seperti semula pada tempat yang terkena jaringan pipa.
- 4) Hasil survei tersebut harus ditandatangani oleh pemilik rumah sebagai bukti persetujuannya.

SURVEI SAMBUNGAN PELAYANAN

Nama Pemilik/Penghuni	
Alamat, Telp.	
RT/RW	
Klasifikasi Bangunan	(a) Rumah Tangga ; (b) Tempat Kos ; (c) Toko ; (d) Rumah Makan ; (e) Kantor ; (f) Sosial(mesjid ; pura ; sekolah) ; g) Lain-lain :
Berlangganan PDAM	(a) Ya ; (b) Tidak
Nama Suveyor	
Tgl, Bln, Tahun survei	



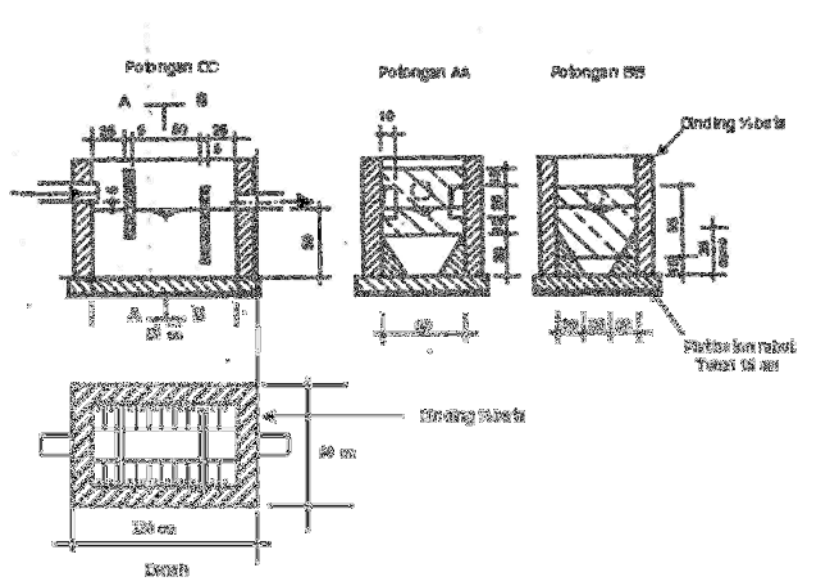
Pemilik/Penghuni,

Surveior,

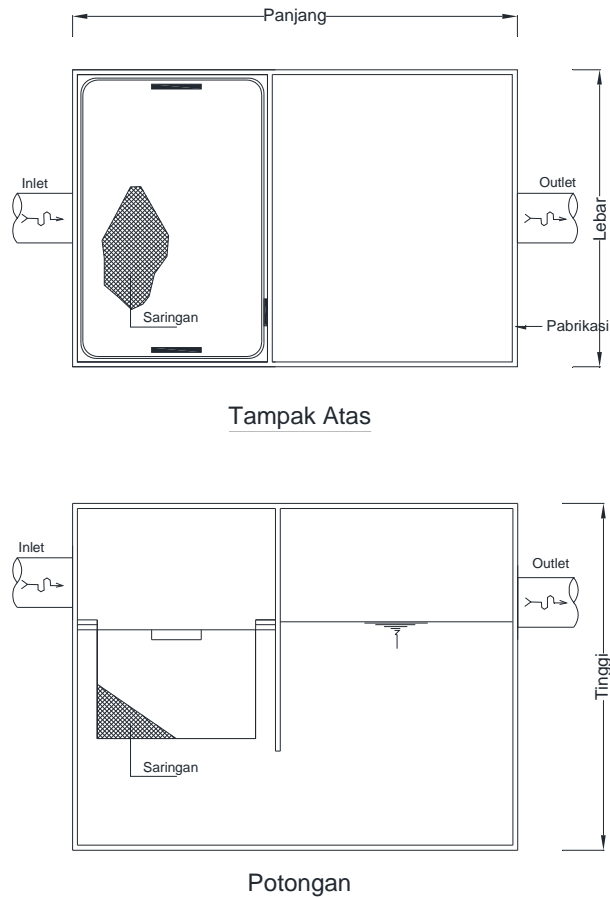
Gambar 7 Contoh Formulir Survei Sambungan Pelayanan

- b) Tahapan konstruksi Sub-sistem Pelayanan
 - 1) Pipa Tinja (Air kotor/ *Black water*) dan Pipa Non Tinja (Air bekas/ *Grey Water*):
 - (a) dilakukan penandaan (*marking*) pipa dari sumber air kotor/kloset dan sumber air bekas;
 - (b) penggalian dan pengecekan kedalaman galian sampai dengan pengurukan dilakukan berdasarkan rencana kerja;

- (c) melakukan pemadatan urukan pasir yang digunakan sebagai alas pipa dilanjutkan dengan penyambungan pipa;
 - (d) cek pada setiap sambungan pipa dan kemiringan pipa; dan
 - (e) pekerjaan pengembalian sesuai kondisi awal.
- 2) Pekerjaan Bak Penangkap Lemak dari Dapur
- (a) Bak penangkap lemak berfungsi untuk mencegah masuknya lemak dari limbah dapur atau rumah makan/restoran ke jaringan pipa karena dapat menyebabkan tersumbatnya pipa limbah.
 - (b) Bak penangkap lemak terbuat dari beton bertulang (minimal K225) atau pasangan batu bata dengan komposisi campuran 1 semen : 4 pasir. Dinding dalam diplester dengan komposisi campuran 1 semen : 2 pasir dan diaci halus. Tutup bak penangkap lemak terbuat dari beton bertulang dengan kualitas minimal K-225. Bak penangkap lemak juga tersedia di toko dalam bentuk sudah jadi/pabrikan. Pada umumnya terbuat dari *fiber glass* atau alumunium.
 - (c) Tahapan dan proses pelaksanaan sesuai dengan SNI atau ketentuan yang berlaku.



Gambar 8 Contoh Gambar Bangunan Penangkap Lemak dari pasangan bata



Gambar 9 Contoh Gambar Bak Penangkap Lemak Pabrik

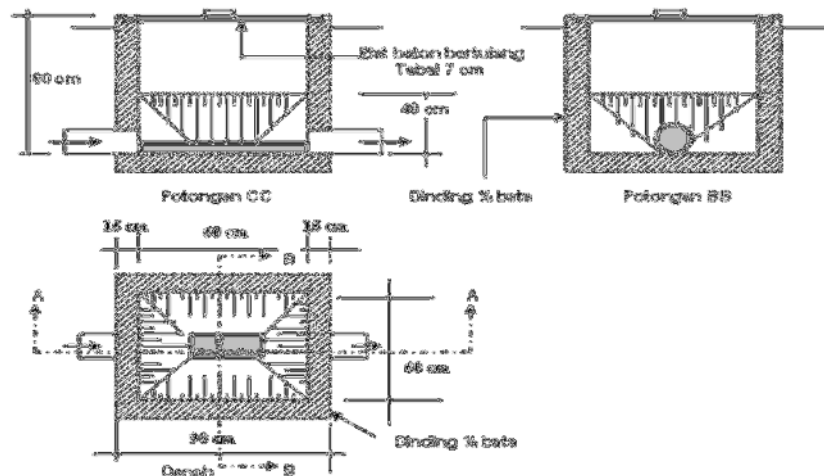
3) Pemasangan Pipa Persil

- (a) Pemasangan sambungan rumah dilaksanakan setelah mendapatkan hasil survei dan gambar kerja (*shop drawing*) yang telah disetujui
- (b) Pekerjaan pemasangan pipa air limbah domestik menggunakan pipa PVC Kelas D (untuk air limbah domestik) berdiameter 100 mm - 150 mm.
- (c) Untuk memudahkan pemeliharaan dan pengontrolan disarankan pipa tinja (*black water*) dipasang terpisah dengan pipa non tinja (*grey water*), kedua pipa tersebut bertemu di bak kontrol akhir (*house inlet*).
- (d) Penggalian untuk pipa sampai dengan pengurukan dilakukan berdasarkan rencana kerja.

- (e) Melakukan pengecekan elevasi dan kemiringan galian sebelum pemasangan pipa.
 - (f) Pastikan ujung pipa yang disambung dalam keadaan bersih. Penyambungan bisa menggunakan karet atau menggunakan lem pipa.
 - (g) Dalam melakukan pengurukan, setiap ketebalan 30 *centimeter* dilakukan pemadatan.
 - (h) Pekerjaan pengembalian, minimal sama dengan kondisi semula pada tempat yang terkena jalur pemasangan pipa minimal sama dengan kondisi semula.
 - (i) Dilakukan tes aliran untuk memastikan bahwa jaringan pipa persil berfungsi dengan baik.
 - (j) Setelah proses tes selesai kemudian dilakukan penyambungan terhadap semua sumber-sumber yang menghasilkan limbah dari pipa tinja dan pipanon tinja.
- 4) Bak kontrol akhir (*House Inlet* - HI)
- (a) Bak kontrol akhir dapat berbentuk persegi atau bulat. Fungsinya untuk perawatan jaringan perpipaan dan inspeksi.
 - (b) Bak kontrol akhir terbuat dari:
 - (1) pasangan batu bata yang dinding dalamnya diplester dan diaci halus;
 - (2) material beton bertulang minimal memiliki kualitas K-225; dan
 - (3) dapat terbuat dari material Pipa PVC dengan diameter minimal 200 mm.
 - (c) Bak kontrol akhir dilengkapi dengan tutup dari beton bertulang dengan kualitas minimal K 225 atau pelat baja yang dapat dibuka dan ditutup serta dilengkapi dengan handel.
 - (d) Penempatan bak kontrol akhir berada di dalam area kepemilikan pengguna dan terdapat ruang untuk melakukan perawatan dan inspeksi/pemeriksaan.
 - (e) Dimensi umumnya 60 cm x 60 cm untuk yang jenis persegi atau sesuai dengan kebutuhan dan

kedalaman bervariasi sesuai dengan kondisi yang telah ada.

- (f) Untuk menghindari sampah atau limbah padat masuk ke jaringan pipa, perlu dipasang saringan di dalam *house inlet*. Material saringan terbuat dari bahan yang tahan terhadap karat, antara lain terbuat dari gabungan beberapa pipa PVC berdiameter 3/4".
 - (g) Pada bagian dasar dibuatkan alur menyerupai setengah pipa dengan beton kualitas minimal K 175 dan menggunakan semen tahan sulfat.
 - (h) Tahapan dan proses pelaksanaan sesuai dengan SNI atau ketentuan yang berlaku.
- 5) Bak inspeksi (*Inspection Chamber-IC*)
- (a) Bak inspeksi terbuat dari pasangan batu bata dengan bagian dalamnya diplester diaci halus dan beton bertulang minimal memiliki kualitas K225.
 - (b) Dimensi pada umumnya 80 cm x 80 cm dengan kedalaman 200 cm, 70 cm x 70 cm dengan kedalaman 150 cm atau sesuai dengan kebutuhan dan kondisi yang telah ada.
 - (c) Bak inspeksi dilengkapi dengan tutup dari beton bertulang dengan kualitas minimal K225 atau pelat baja yang dapat dibuka dan ditutup serta dilengkapi dengan handel.
 - (d) Untuk memudahkan pemeriksaan dan pemeliharaan bangunan bak inspeksi dilengkapi dengan anak tangga.
 - (e) Pada bagian dasar dibuatkan alur menyerupai setengah pipa dengan kualitas minimal K 175 dan menggunakan semen tahan sulfat.
 - (f) Tahapan dan proses pelaksanaan sesuai dengan SNI atau ketentuan yang berlaku.



Gambar 10 Contoh Gambar Bak Inspeksi (*Inspection Chamber*)

6) Pengurasan dan penutupan tangki septik

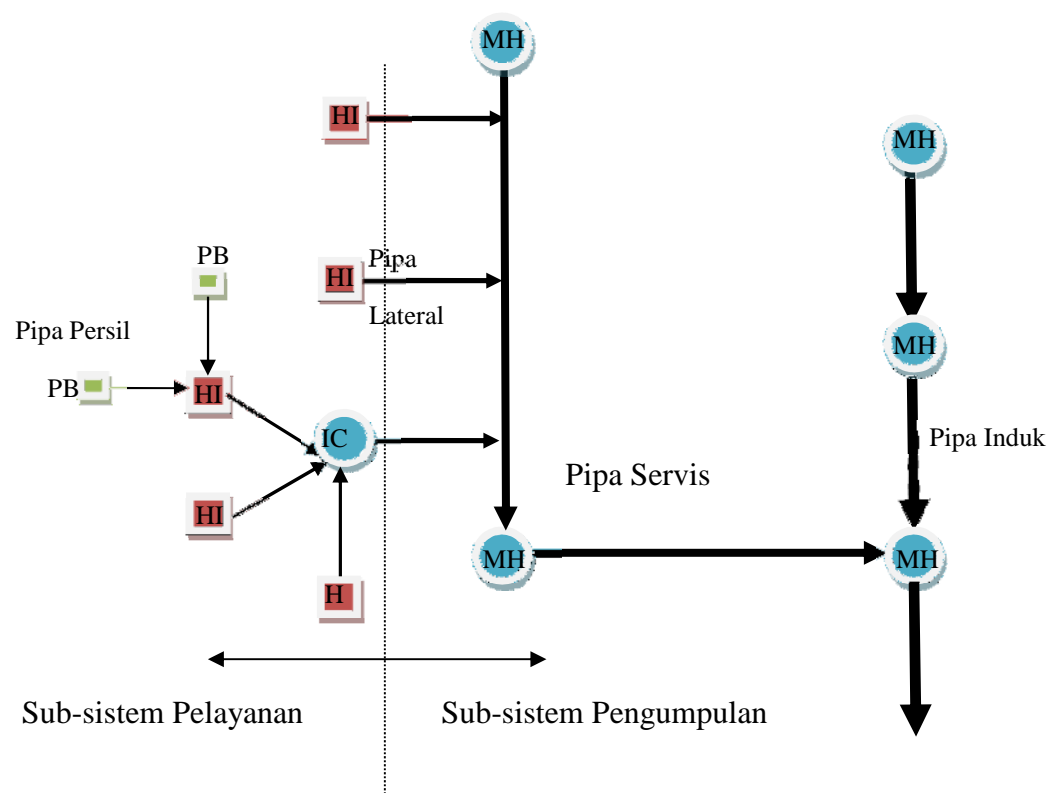
(a) Pengurasan tangki septik

Pengurasan dilakukan menggunakan mobil tinja setelah semua sumber air limbah domestik tersambung dengan jaringan perpipaan air limbah domestik. Tangki septik kemudian dibersihkan dengan air bersih yang kemudian disedot kembali. Lumpur tinja hasil pengurasan harus dibuang di IPLT.

(b) Penutupan tangki septik

Setelah tangki septik dikuras kemudian dilakukan penutupan dengan pengurukan tergantung dari permintaan pemilik tanpa dilakukan disinfeksi. Apabila tidak ditutup harus disemprot dengan larutan desinfektan agar bersih dari kuman. Desinfektan yang digunakan yaitu kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) dengan kandungan *chlorine* minimal 60% atau material lainya yang sejenis. Porsi penggunaannya yaitu 50 gr/m^3 untuk setiap tangki septik. Kaporit dicampur dengan air hingga homogen menggunakan alat pengaduk, kemudian dimasukkan ke dalam tangki septik selama minimal 1 jam kemudian dikeluarkan dan dibuang ke tempat yang aman.

2. Tata cara pelaksanaan konstruksi Sub-sistem Pengumpulan
- Pekerjaan Sub-sistem Pengumpulan meliputi pemasangan pipa retikulasi terdiri dari pipa lateral dan pipa servis, pipa induk, dan bangunan pelengkap terdiri dari *manhole*, *drop manhole*, bangunan pelintas (*siphon*), saluran penggelontor (*terminal clean out*), bak penampung air limbah (*wet pit*), dan rumah pompa (*pumping station*) seperti dalam contoh jaringan perpipaan dibawah ini.



Catatan :

- MH = *Manhole*
- PB = Bak Penangkap Lemak
- HI = Bak kontrol akhir (*House inlet/HI*)
- IC = Bak Inspeksi (*Inspection chamber/IC*)

Gambar 11 Contoh jaringan perpipaan

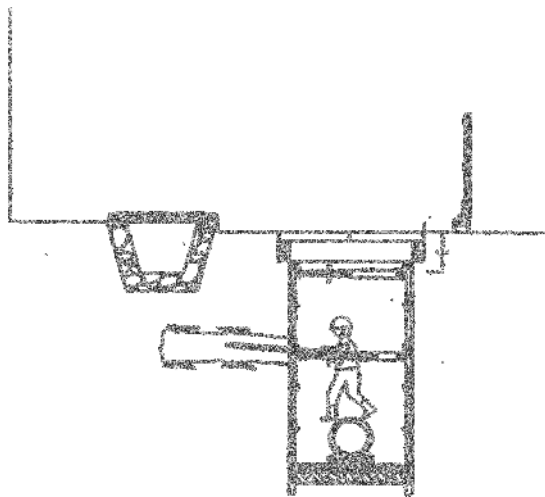
- a) Pemasangan pipa lateral
- Pelaksanaan pemasangan pipa lateral dibagi menjadi dua yaitu pelaksanaan pada pemasangan pipa galian terbuka (*open trench*) dan pada pemasangan pipa dengan *microtunneling* atau *jacking*.

1) Pelaksanaan pipa lateral pada pipa galian terbuka

Pada pelaksanaan pemasangan pipa dengan metode galian terbuka (*open trench*), pipa lateral dipasang bersamaan dengan pemasangan pipa servis. Pemasangan pipa lateral dapat dilakukan dengan galian terbuka atau dengan membuat terowongan secara manual.

Sambungan antara pipa lateral dengan pipa servis menggunakan *saddle branch*, dan direkatkan dengan mortar perekat yang kedap air. Proses pelaksanaan sebagai berikut:

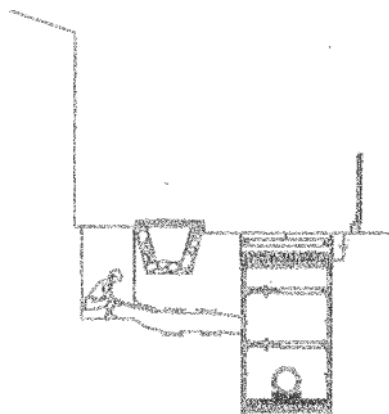
(a) Penggalian dari dalam galian pipa menuju ke arah *house inlet*



Gambar 12 Penggalian dari dalam galian pipa ke arah *house inlet*

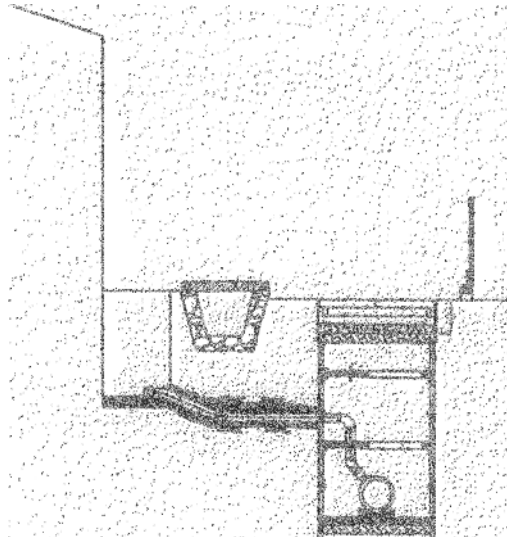
(b) Penggalian dari tempat *house inlet*

Dari tempat akan dipasang *house inlet*, dibuatkan lubang untuk membuat galian menuju galian pipa.



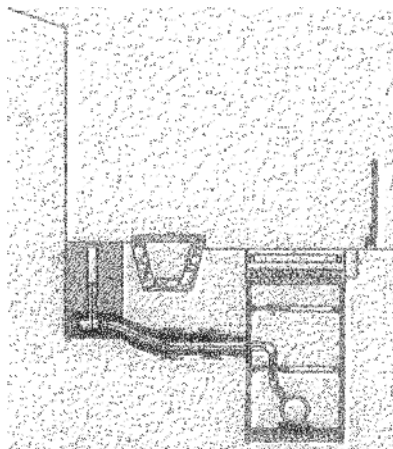
Gambar 13 Penggalian dari tempat *house inlet*

- (c) Pemasangan pipa lateral menuju ke pipa servis. Bekas galian diisi dengan pasir, diberi air dan dipadatkan.



Gambar 14 Pemasangan pipa lateral ke pipa service

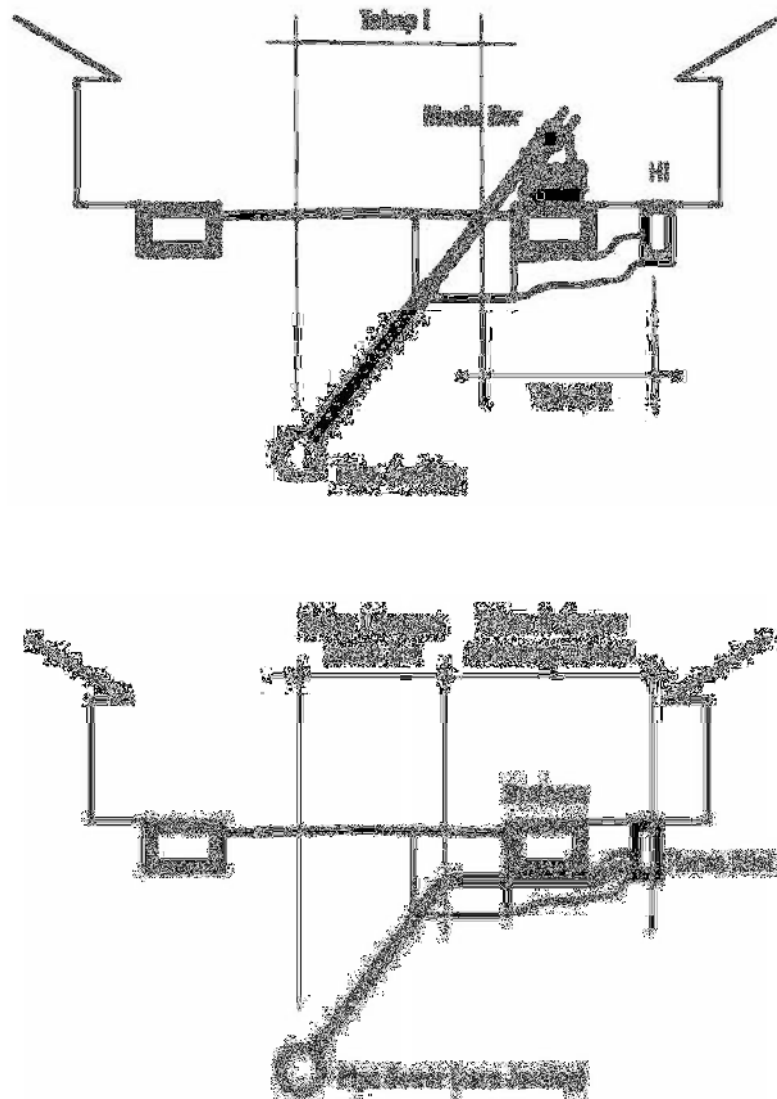
- (d) Pemasangan bak kontrol akhir
Penyambungan dengan pipa lateral dan pemadatan sampai permukaan bak kontrol akhir.



Gambar 15 Pemasangan pipa lateral dengan pipa servis
(referensi)

- 2) Pemasangan pipa lateral pada pekerjaan pipa dengan metode *microtunneling/jacking*
Pipa lateral dipasang setelah pipa dengan metode *microtunneling/jacking* selesai dipasang.
Pemasangan dilakukan dengan pengeboran dan dilakukan dalam dua tahap.
(a) Pengeboran tanah menuju pipa servis

- (1) Membuat lubang galian untuk pengeboran dan pemasangan pipa lateral menuju bak kontrol akhir. Pengeboran dilakukan dari tepi jalan menuju pipa servis yang dipasang dengan metode *jacking*.
 - (2) Yang perlu diperhatikan yaitu kedalaman pipa servis yang dipasang dengan metode *jacking* dan jarak lateral titik bor ke pusat pipa untuk mendapatkan sudut kemiringan.
 - (3) Setelah dilakukan perhitungan terhadap data posisi pipa dan titik lateral maka pada posisi tersebut alat diseting sesuai kemiringannya.
 - (4) Mata bor yang digunakan 2 jenis, yang pertama untuk tanah dan yang kedua untuk pipa.
 - (5) Diameter bor yang digunakan sedikit lebih besar dari diameter pipa lateral.
 - (6) Apabila kondisi tanah mudah longsor, lubang bor dapat diisi langsung dengan material *grouting* (semen dan *bentonite*) untuk kemudian dibor kembali setelah material tersebut mengeras, dan dilanjutkan dengan pemasangan pipa lateral.
- (b) Pemasangan pipa lateral ke bak kontrol akhir
- Penyambungan pipa lateral dari titik bor di tepi jalan menuju bak kontrol akhir. Metode pemasangannya dilakukan dengan galian terbuka atau dengan membuat terowongan secara manual



Gambar 16 Tahapan Pemasangan Pipa Lateral ke Pipa Servis Yang Dipasang dengan Metode Jacking dan ke Bak Kontrol Akhir

b) Pemasangan pipa servis dan pipa induk

Pipa servis merupakan saluran pengumpul air limbah domestik dari beberapa pipa lateral, sedangkan pipa induk merupakan saluran yang menyalurkan air limbah domestik dari pipa servis melalui *manhole* menuju IPALD.

Pemasangan pipa servis dan pipa induk dapat dilakukan dengan metode galian terbuka (*open trench*) atau *microtunneling/pipe jacking*.

1) Pemasangan pipa dengan metode galian terbuka (*open trench*)

Penggalian dapat menggunakan alat berat dan manual atau kombinasi dari keduanya tergantung dari kondisi di lapangan, dengan tahapan sebagai berikut:

(a) Penandaan dan pemotongan permukaan jalan

Setelah kegiatan survei topografi selesai dilakukan, selanjutnya melakukan penandaan jalur pipa sebagai penanda jalur penggalian dan menentukan lebar galian. Penandaan tersebut berupa pengecatan permukaan jalan yang dibuat lurus sehingga mudah dilihat pada saat pemotongan permukaan jalan. Pemotongan dilakukan pada umumnya sampai pada kedalaman 5 - 7 cm atau batas ketebalan lapisan perkerasan agar tidak merusak lapisan di luar batas galian.

(b) Pekerjaan galian

Beberapa hal penting yang harus diperhatikan antara lain:

(1) Lebar jalan

Untuk lokasi pemasangan pipa pada jalan yang sempit atau lebarnya kurang dari 2 m, akses alat berat dan pergerakannya tidak memungkinkan, maka penggalian dilakukan secara manual.

Sedangkan untuk lokasi yang utilitasnya banyak atau diperkirakan akan mengalami kerusakan maka penggalian dilakukan dengan kombinasi antara manual dengan menggunakan alat berat.

(2) Dinding penahan tanah/turap

Secara umum jenis tanah dikategorikan menjadi tidak mudah runtuh/stabil dan mudah runtuh. Untuk kondisi tanah yang tidak mudah runtuh atau stabil, penggalian dapat dilakukan tanpa turap untuk pemasangan pipa diameter kecil dengan galian tidak terlalu dalam (kedalaman sampai 1.5 meter). Untuk kondisi tanah yang mudah runtuh, turap

diperlukan untuk memastikan galian tidak runtuh/longsor.

Turap yang digunakan dapat terbuat dari kayu, pelat baja (*sheeting plate*) dan *sheet pile* dengan uraian sebagai berikut:

a. $H < 1,5$ meter

Tidak menggunakan turap apabila jenis tanah stabil. Kecuali kondisi tanah tidak stabil maka harus menggunakan turap.

b. $1.5 < H < 3$ meter

Menggunakan *sheeting plate* atau turap kayu atau *sheet pile* tergantung jenis tanah.

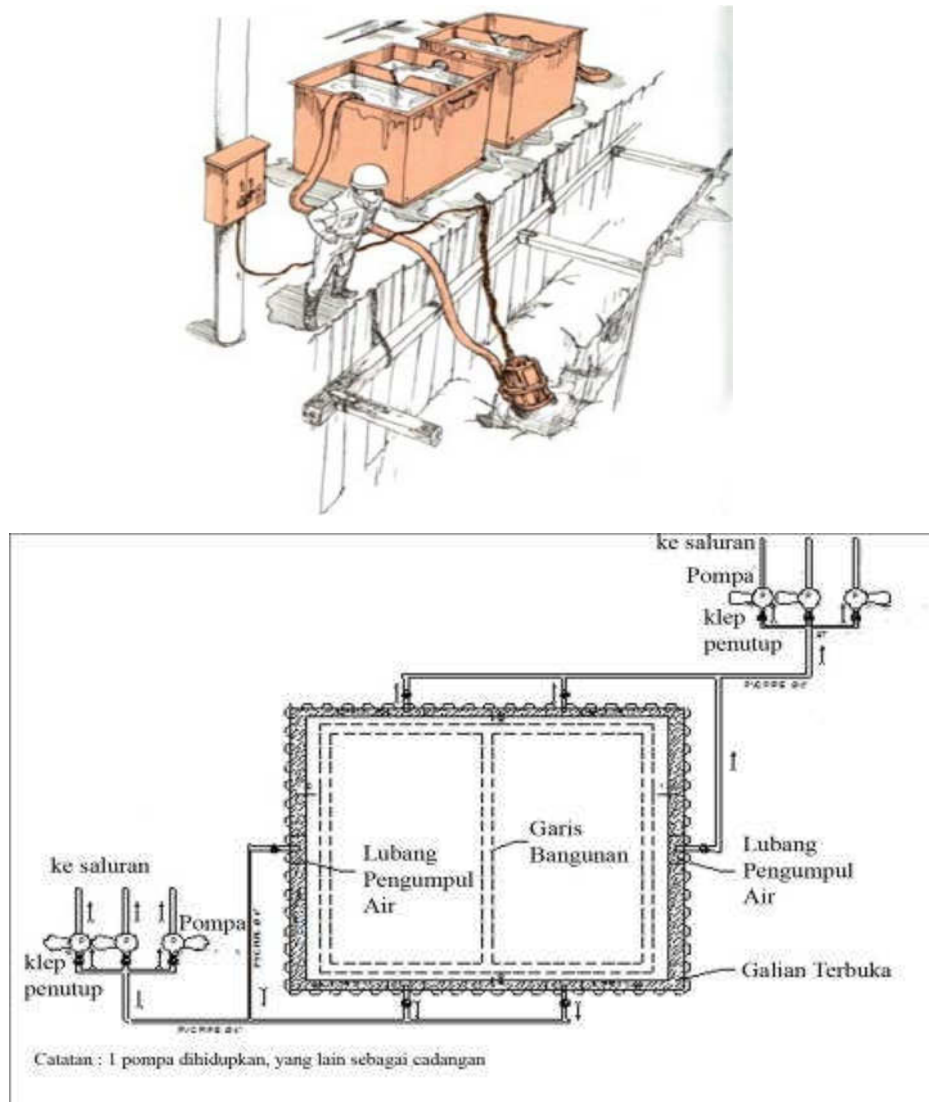
c. $H > 5$ meter

Menggunakan *sheeting plate/steel sheet pile* lengkap termasuk *bracing*/perkuatan.

(3) Pengeringan (*Dewatering*)

Dewatering merupakan kegiatan untuk mengurangi dan bahkan menghilangkan air yang masuk ke dalam area kerja.

Pekerjaan galian harus mengantisipasi masuknya air tanah ke tempat galian. Apabila muka air tanah tinggi, dilakukan pemompaan (*dewatering*) agar tidak mengganggu proses pemasangan pipa. Air hasil *dewatering* di pompa menuju saluran drainase terdekat atau dikumpulkan di tempat penampungan sementara untuk selanjutnya dibuang ke badan air. *Dewatering* dihentikan setelah pengurukan selesai dilakukan.



Gambar 17 Contoh Skema *Dewatering*

(4) Stabilitas galian

Masalah utama pada stabilitas dinding galian, yaitu terjadinya penurunan dan defleksi disekitar area galian, rembesan air serta *dewatering*.

Sebagai antisipasi terhadap kegiatan ini perlu memperhatikan hal sebagai berikut:

- a. Sebelum kegiatan konstruksi dimulai supaya dilakukan survei dan orientasi lapangan terhadap lokasi kerja, melakukan penyelidikan tanah untuk mengetahui kondisi tanah dan muka air tanah.

- b. Melakukan evaluasi ulang terhadap perhitungan desain dinding pengaman galian, material dinding penahan tanah serta kekuatan dari dinding penahan tanah (bagaimana konstruksi dinding penahan tanah yang sesuai dengan kondisi tanah tersebut).
 - c. Untuk kondisi tanah dengan muka air tinggi diperlukan *dewatering*, apabila perlu membuat sumur untuk membantu menurunkan muka air tanah atau dengan menyuntikkan material ke dalam tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah akibat tingginya muka air tanah (bagaimana metode pelaksanaan untuk menanggulangi muka air tanah yang tinggi).
 - d. Melakukan evaluasi berdasarkan data lapangan pada saat pengajuan *request* pekerjaan untuk pekerjaan yang memerlukan pengaman/stabilitas sebelum pekerjaan konstruksi dimulai.
 - e. Pekerjaan ini harus menjamin keselamatan pekerja, yang melaksanakan pekerjaan galian, masyarakat dan bangunan yang ada di sekitar lokasi galian. Selama pelaksanaan pekerjaan galian, lereng sementara galian mampu menahan pekerjaan, struktur atau mesin di sekitarnya, harus dipertahankan sepanjang waktu, pengaman galian (*retaining wall*), penyokong (*shoring*) dan pengaku (*bracing*) yang memadai harus dipasang.
- (5) Kepadatan lalu lintas
- Penempatan petugas pengatur lalu lintas dan rambu lalu lintas harus dilakukan pada saat

pelaksanaan pekerjaan konstruksi di badan jalan. Diusahakan jalan tidak ditutup total. Apabila harus ditutup total, jalur pengalihan lalu lintas harus disiapkan.

(c) Pemasangan pipa

Agar pipa yang terpasang tidak mengalami gangguan oleh beban yang melintas di atasnya maka sebelum pipa dipasang harus diberi *bedding* di bawah pipa dengan ketebalan setelah dipadatkan menjadi 0.25 kali diameter luar pipa atau minimal 10 cm atau sesuai dengan hasil evaluasi ulang berdasarkan jenis dan pembebanan pada pipa. Untuk material *bedding* dapat dipakai pasir, kerikil dan beton.

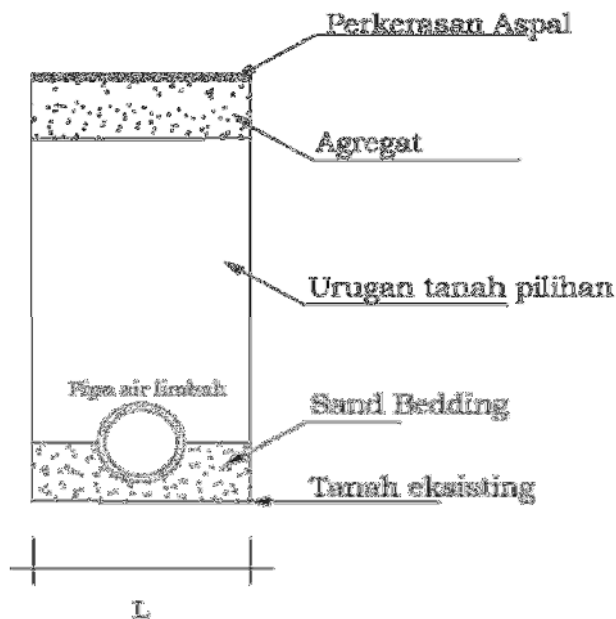
Pemasangan pipa harus memperhatikan kemiringan (*slope*) agar aliran air limbah dapat mengalir secara gravitasi.

Selama pemasangan pipa, tidak menutup kemungkinan elevasi yang diinginkan tidak tercapai secara utuh. Meskipun demikian diberikan toleransi sebesar ± 2 cm.

Kelurusan pemasangan pipa sangat penting untuk menghindari kebocoran pada pipa yang terpasang. Alat bantu seperti benang dapat digunakan untuk mengatur kelurusan pipa. Toleransi kelurusan pipa sebesar 5% dari diameter dalam pipa.

(d) Penimbunan kembali

Setelah pipa terpasang dengan benar, pekerjaan selanjutnya yaitu penimbunan kembali galian tanah, yang terdiri dari beberapa lapisan berupa material pilihan atau material dari penggalian yang telah dipilah, lapis perkerasan berbutir (*agregat*), dan lapisan perkerasan sesuai dengan kondisi yang telah ada. Dengan contoh gambar sebagai berikut:



Gambar 18 Contoh gambar lapisan penimbunan kembali (*Backfilling*)

Proses penimbunan kembali dilakukan dengan alat pemadat seperti *stamper*/*baby roller*/*vibro roller*. Hal tersebut dilakukan setiap ketebalan lapisan mencapai 30 cm dengan tujuan untuk mengurangi terjadinya penurunan tanah (*settlement*) akibat beban yang melintas di atasnya. Tiap lapisan penimbunan dipadatkan sampai dengan 95% dari kepadatan kering maksimum yang sesuai dengan *SNI 03-1742-1989*.

(e) Tata cara pemasangan pipa

Cara pemasangan pipa menggunakan alat berat dan tanpa menggunakan alat berat yaitu:

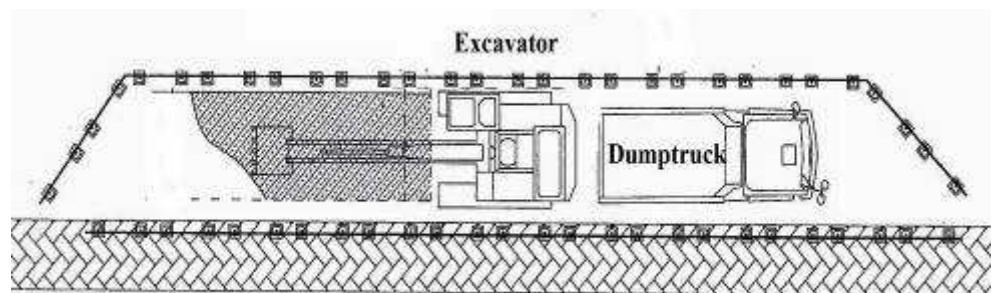
(1) Persiapan

- a. Tentukan lebar galian berdasarkan diameter pipa

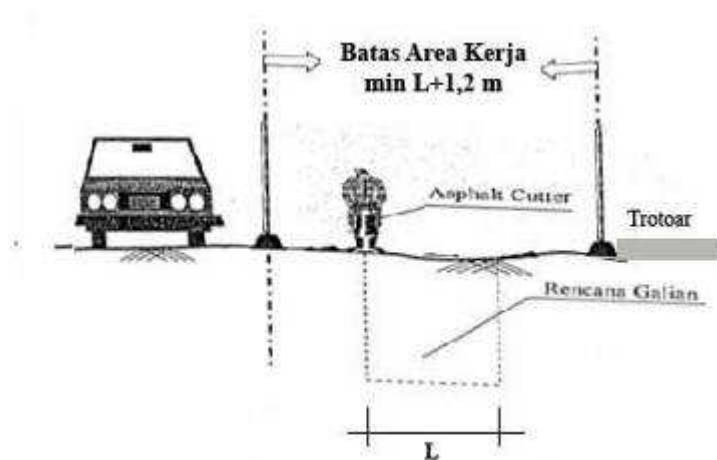
Lebar galian yang disyaratkan minimal 1.5 kali dengan diameter +30 cm. Khusus untuk pipa diameter 100 mm sampai 150 mm lebar galian minimal 60 cm. Lebar galian tersebut bukan hanya untuk menempatkan pipa tetapi juga memperhitungkan ruang bagi pekerja.

- b. Gunakan jenis turap (*retaining wall*) berdasarkan kedalaman galian. Penggunaan turap berdasarkan kedalaman galian seperti dijelaskan sebelumnya.
 - c. Siapkan pompa jika melakukan *dewatering*.
 - d. Pelaksana Konstruksi wajib melakukan evaluasi ulang penyelidikan tanah dan melakukan perhitungan perkuatan dinding galian agar tidak terjadi kelongsoran.
 - e. Perencanaan pengaturan lalu lintas.
- (2) Alat yang akan digunakan antara lain:
- a. Excavator, tipe dan kapasitasnya disesuaikan dengan area kerja untuk menggali tanah, mengangkat pipa dan sebagai pendorong pipa pada waktu pemasangan pipa. Sedangkan untuk pemasangan pipa tanpa menggunakan alat berat memakai cangkul, sekop, blencong dan dandang untuk memindahkan tanah dari dalam galian.
 - b. *Steel sheet pile, sheeting plate* dan turap kayu serta perkuatannya untuk penahan dinding tanah yang labil.
 - c. Alat pemotong aspal.
 - d. Truk pengangkut material ke dalam dan ke luar area kerja.
 - e. Tangki air atau truk pengangkut air untuk menyiram timbunan lapisan pasir, pengurukan, pembersihan area kerja dan pembersihan pipa serta *manhole*.
 - f. Pompa air untuk mengeringkan lokasi yang tergenang air.

- g. Alat ukur (*waterpass/theodolit/meteran*), untuk mengukur lebar galian, elevasi galian dan kemiringan galian.
 - h. Alat bantu seperti benang untuk menentukan kelurusan pipa dan alat-alat lainnya yang diperlukan.
- (3) Tahapan pelaksanaan
- a. Di sekitar area kerja dipasang pagar pengaman dan rambu.
 - b. Pemotongan aspal atau perkerasan jalan dengan pemotong aspal sesuai penandaan jalur pipa.

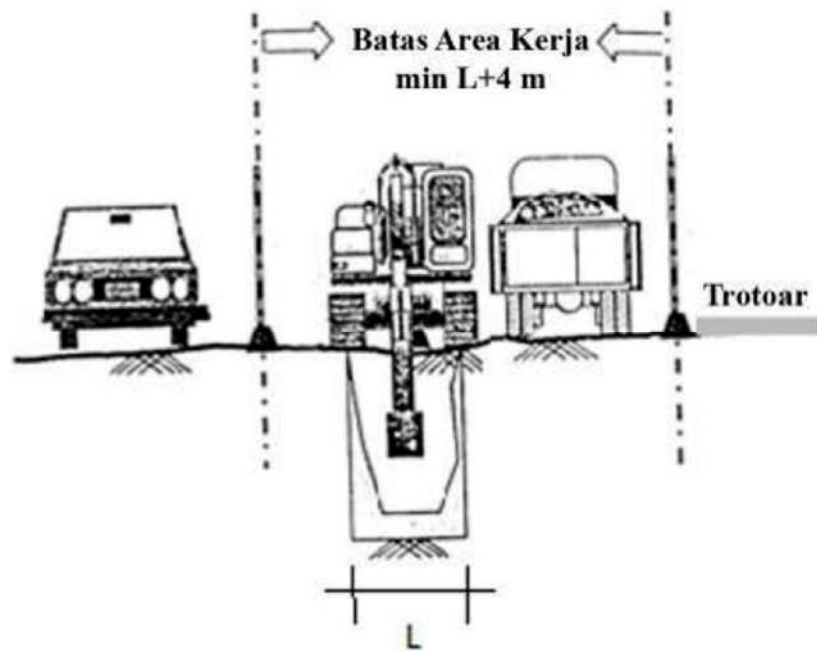


Gambar 19 Ilustrasi penggalian *dumptruck* di belakang *excavator*



Gambar 20 Contoh pemotongan aspal di rencana galian

- c. Penempatan peralatan diatur untuk mempermudah proses penggalian. Posisi truk berada dibelakang excavator sehingga hasil galian bisa langsung dinaikkan ke dalam truk.
- d. Pengawasan dan pengarahan peralatan serta tenaga kerja dalam proses penggalian.

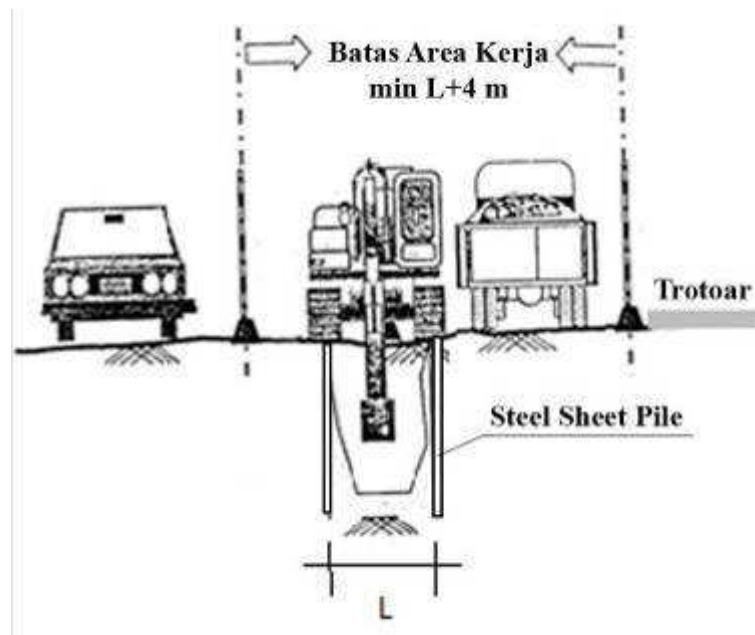


Gambar 21 Penggalian Dengan menggunakan *Excavator*

- e. Penggunaan turap berdasarkan kedalaman galian dan jenis tanah.
- f. Hasil galian diangkut dengan truk menuju ke *stock-yard* untuk dipilah sebagai material urukan kembali.
- g. Memeriksa apakah lokasi galian bebas dari genangan air.
- h. Setelah kedalaman galian tercapai selanjutnya pengecekan terhadap lebar dasar, elevasi dasar dan kemiringan galian

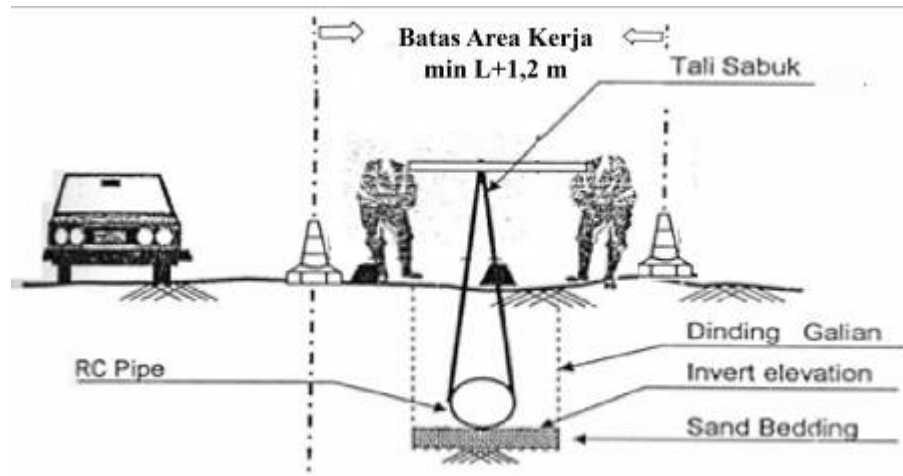
dengan menggunakan alat ukur *water pass*, *theodolit* dan meteran.

- i. Pemadatan timbunan pasir sebagai timbunan lapisan pasir menggunakan *stamper* atau *baby roller/vibro roller* dan disiram dengan air secukupnya.



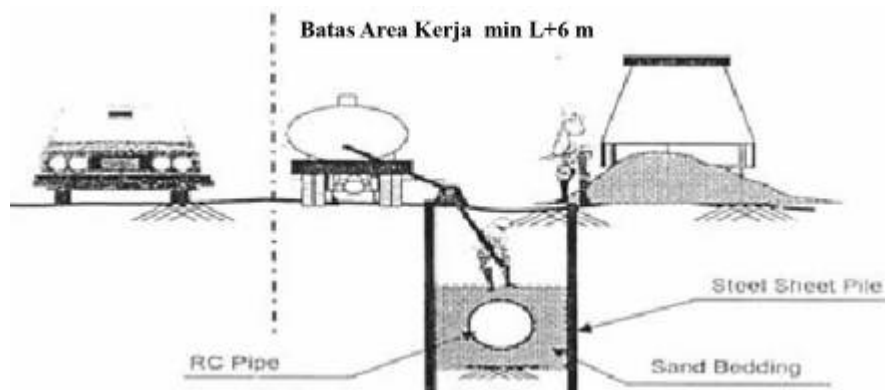
Gambar 22 Contoh Penggunaan turap jenis *steel sheet* pile pada galian

- j. Pipa yang akan dipasang diturunkan ke dalam galian dengan bantuan excavator. Setelah karet *seal (rubber ring)* pipa dipasang pada spigot lalu bagian ujung diberi tatakan kayu dan didorong dengan excavator.
- k. Untuk pemasangan pipa tanpa menggunakan alat berat, pipa diturunkan kedalam galian menggunakan alat sederhana antara lain katrol, tali sabuk yang diikatkan pada kedua ujung pipa dan didorong secara manual.



Gambar 23 Contoh pemasangan pipa secara manual

1. Pengecekan terhadap sambungan untuk memastikan pipa sudah tersambung sesuai dengan persyaratan. Hal tersebut dapat dilihat pada garis yang ada pada spigot. Apabila tanda berupa garis pada spigot berada di bawah soket pada pipa lainnya berarti pipa tersebut sudah tersambung dengan benar.
- m. Pengurukan dengan timbunan lapisan pasir disamping dan diatas pipa yang telah terpasang disiram dengan air secukupnya.



Gambar 24 Contoh pemadatan timbunan pasir

- (f) Tata cara penimbunan kembali
 - (1) Tahapan Persiapan
 - a. Penimbunan dan pemadatan tanah dilakukan setelah diperiksa dan disetujui oleh pengawas dan pemberi kerja.

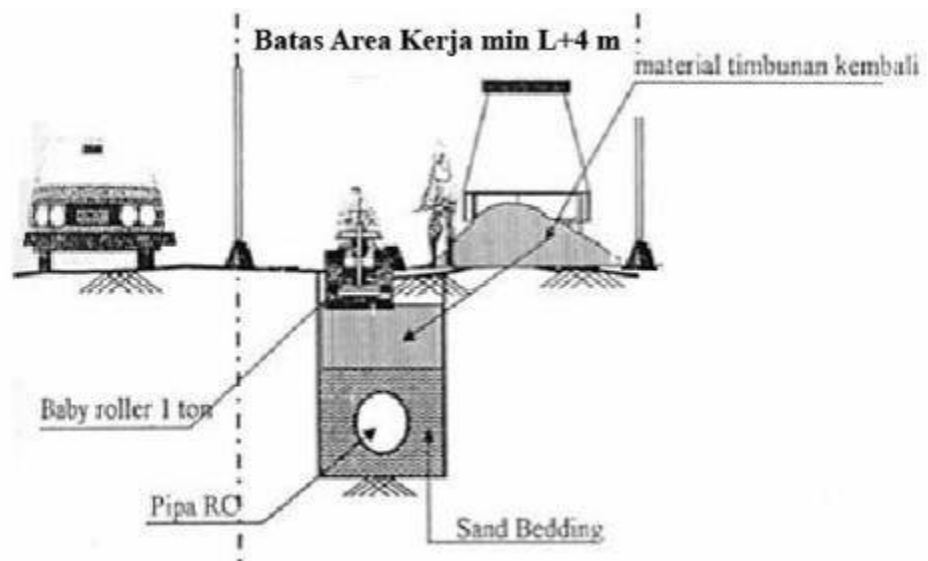
- b. Pekerjaan dilaksanakan dengan menggunakan alat yang telah disetujui pengawas dan pemberi kerja.
 - c. Material timbunan tanah:
 - 1. Material timbunan menggunakan material pilihan (sesuai dengan spesifikasi) dan dapat menggunakan material hasil galian tanah yang memenuhi syarat dan seluruh timbunan tanah harus sesuai dengan SNI 03-1744-1989 dan SNI 03-1742-1989.
 - 2. Lapisan perkerasan berbutir
Perkerasan berbutir terdiri dari Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Coarse*) dan Lapisan Pondasi Atas (*Base Coarse*).
Lapisan pondasi bawah menggunakan *aggregate* B yang mempunyai sifat abrasi 0-40% sesuai SNI 03-2417-1990, indeks plastisitas 0-10 sesuai SNI 03-1966-1990, batas cair 0-35 sesuai SNI 03-19967-1990 yang disetujui oleh pengguna barang/jasa.
Lapisan pondasi atas menggunakan agregat A yang mempunyai sifat abrasi 0-40% sesuai SNI 03-2417-1990, indeks plastisitas 0-6 sesuai SNI 03-1966-1990, batas cair 0-25 sesuai SNI 03-19967-1990 yang disetujui oleh pengguna barang/jasa.
- (2) Peralatan yang digunakan:
- a. truk untuk mengangkut material urukan;
 - b. truk dengan tangki air untuk menyiram/pembersihan;
 - c. *stamper/baby roller/vibro roller* untuk memadatkan urukan;

- d. cangkul dan skop, untuk meratakan pada akhir pekerjaan;
- e. peralatan pengujian kepadatan lapangan (*sand cone*);
- f. peralatan pemeriksaan kadar air lapangan (*speedy*); dan
- g. alat ukur (*waterpass* dan meteran).

(3) Tahapan Pelaksanaan

- a. Melakukan pengukuran elevasi pada setiap lapisan sesuai gambar kerja.
- b. Mempersiapkan material timbunan.
- c. Membersihkan lokasi yang akan ditimbun dari sampah maupun kotoran lainnya.
- d. Penghamparan timbunan tanah per lapis, diratakan kemudian dipadatkan sampai dengan elevasi dasar pondasi bawah (*sub base coarse*). Pemadatan menggunakan *stamper/baby roller/vibro roller*. Tiap lapisan urukan dipadatkan sampai 95% dari kepadatan kering maksimum yang ditentukan sesuai SNI 03-1742-1989.
- e. Penghamparan lapis pondasi bawah (*subbase coarse*). Pemadatan dengan menggunakan *stamper/baby roller/vibro roller*. Kepadatan yang disyaratkan yaitu 100% kepadatan kering maksimum sesuai SNI 03-1743-1989 metode D dan minimal CBR 65% sesuai SNI 03-1744-1989. Pada awal pekerjaan perlu diadakan tes lintasan (*Passing Test*).
- f. Penghamparan lapis pondasi atas (*base coarse*), pemadatan dengan menggunakan *stamper/baby roller/vibro roller*, kepadatan yang disyaratkan adalah 100% kepadatan kering maksimum sesuai SNI 03-1743-1989 metode D dan minimal CBR 90% sesuai SNI 03-1744-1989. Pada awal

pekerjaan perlu diadakan *test* lintasan (*Passing Test*).



Gambar 25 Contoh Penimbunan galian

g. Pelaksanaan pekerjaan perkerasan

Pekerjaan perkerasan merupakan tahap terakhir dalam pelaksanaan pemasangan pipa dengan mengembalikan jenis perkerasan sesuai dengan kondisi semula berdasarkan spesifikasi teknis dan mengacu pada peraturan perundang-undangan.

- 2) Pemasangan pipa dengan metode *microtunneling/jacking*
Micotunneling/jacking merupakan suatu metode pemasangan pipa dengan pengeboran di bawah permukaan jalan dan dibantu dengan tekanan hidrolis atau dengan bantuan alat *hydraulic jack*. Dengan metode ini tanah hasil pengeboran menjadi lumpur yang kemudian dibawa ke tempat penampungan untuk diolah agar tanah dengan air terpisah kembali.

(a) Tujuan

Tujuan dari penggunaan metode ini yaitu:

- (1) Menghindari kemacetan pada jalan dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi karena metode ini dilakukan di dalam titik lubang

keberangkatan (*departure shaft*) dan lubang kedatangan (*arrival shaft*).

- (2) Mengurangi gangguan lingkungan seperti pemotongan pohon untuk lalu lalang dan pergerakan alat berat serta untuk memperbesar jalur kendaraan.
- (3) Mengurangi gangguan terhadap utilitas lainnya karena metode ini efektif dilakukan dengan kedalaman lebih dari 3 meter.
- (4) Mengurangi gangguan terhadap bangunan disekitar jalur pipa. Dengan menggunakan metode *open trench* dikhawatirkan getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat berat dapat mengakibatkan keretakan pada bangunan disekitarnya. Tidak demikian halnya dengan metode *jacking*. Pipa dipasang dengan menggunakan dorongan tenaga hidrolis sehingga tidak menimbulkan getaran yang dapat mengganggu sekitarnya.

(b) Penggunaan

Pemasangan pipa air limbah metode *microtunneling/jacking* dilakukan pada:

- (1) daerah yang memiliki kepadatan lalu lintas tinggi;
- (2) jalan provinsi/jalan negara/jalan tol/jalan kereta api;
- (3) bangunan perlintasan, sungai; dan/atau
- (4) daerah yang memiliki bangunan dengan nilai ekonomis tinggi dan strategis.

(c) Keuntungan metode *microtunneling/jacking*:

- (1) gangguan lalu lintas yang ditimbulkan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan metode galian terbuka;
- (2) mengurangi gangguan terhadap lingkungan, bangunan dan utilitas di atasnya; dan
- (3) untuk pemasangan pipa yang dalam, pelaksanaan pekerjaan lebih cepat dibanding

metode galian terbuka (rata-rata pekerjaan pemasangan pipa 5 sampai 7 batang per hari).

(d) Kelemahan metode *microtunneling/jacking*:

- (1) memerlukan ketelitian yang tinggi dalam pelaksanaan;
- (2) memerlukan pembiayaan yang relatif lebih besar dari metode galian terbuka (*open trench*);
- (3) memerlukan tenaga ahli khusus yang menguasai teknologi pemasangan pipa dengan *microtunneling/jacking*;
- (4) memerlukan material khusus; dan
- (5) memerlukan kesiapan sumber daya manusia yang terlatih.

(e) Pembuatan lubang keberangkatan (*departure shaft*) dan lubang kedatangan (*arrival shaft*)

Lubang (*shaft*) pada metode *microtunneling/jacking* yaitu galian dengan kedalaman tertentu untuk membuat ruang kerja dengan peralatan yang diperlukan sehingga pemasangan pipa dapat dilaksanakan.

Pekerjaan metode *jacking* memerlukan minimal 2 buah *shaft* yaitu lubang keberangkatan (*departure shaft*) dan lubang kedatangan (*arrival shaft*).

Metode pembuatan lubang (*shaft*) yang umum digunakan ada 3 (tiga) cara sesuai dengan jenis material dinding penahan tanah, kondisi lokasi kerja/keleluasaan tempat kerja termasuk penempatan peralatan serta kondisi tanah dan muka air tanah serta tidak tergantung pada kedalaman galian lubang (*shaft*), penyedia jasa harus melakukan penyelidikan tanah dan evaluasi ulang terhadap perhitungan penggunaan material dinding penahan tanah sehingga didapatkan metode yang sesuai meliputi:

(1) Jenis selubung baja (*steel casing*)

Pemasangannya dengan menggali tanah di dalam selubung dan mendorong selubung ke

dalam tanah. Metode konstruksi ini dipilih dengan mempertimbangkan kondisi tanah (tanah mudah runtuh, muka air tanah tinggi), diameter pipa dan kedalaman galian.

(2) Jenis turap baja (*sheet pile*)

Metode ini digunakan untuk pipa berdiameter besar dan elevasi air tanah yang dangkal.

(3) Jenis pelat lembaran (*liner plate*)

Pemasangan jenis ini lebih sederhana, pada saat setelah menggalian dipasang plat besi yang berbentuk cincin. Kondisi tanah stabil/tidak runtuh dan tidak ada air tanah merupakan kondisi yang cocok untuk metode ini.

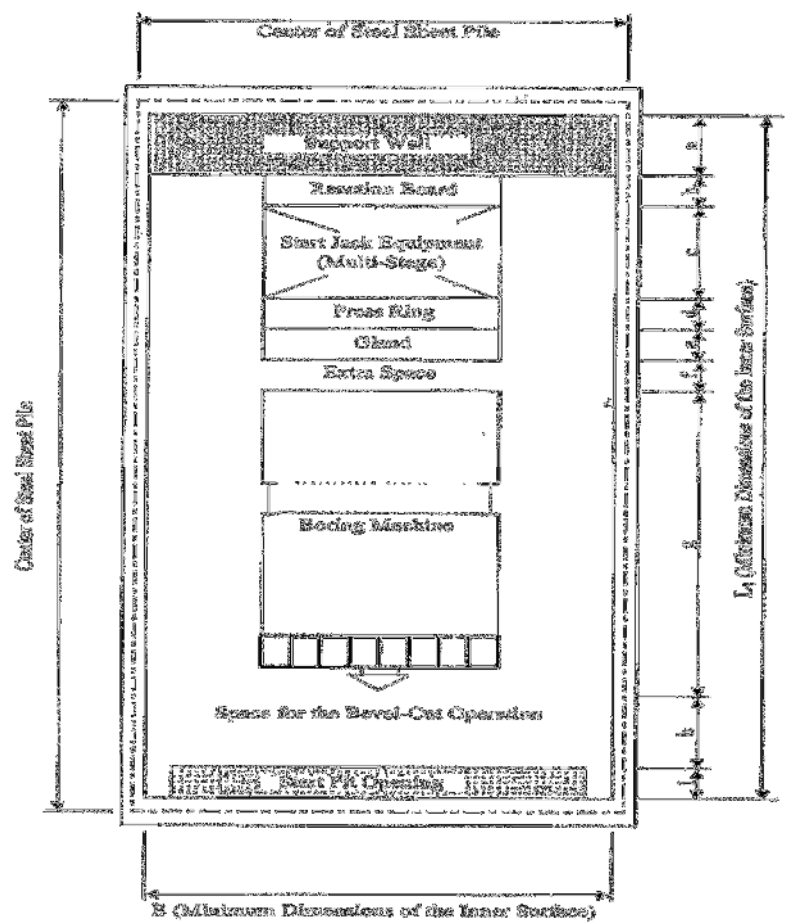
(4) Pelaksanaan konstruksi *shaft*

Lubang (*shaft*) ukurannya harus ditentukan dengan mempertimbangkan ruang yang diperlukan untuk operasional/pelaksanaan pipa *jacking* tergantung pada faktor seperti metode *jacking* dan kondisi lokasi, serta dimensi yang diperlukan untuk pembuatan/konstruksi lubang (*shaft*). Berikut contoh ukuran lubang (*shaft*) sebagai referensi desain dimensi lubang galian (*shaft*) sebagai berikut:

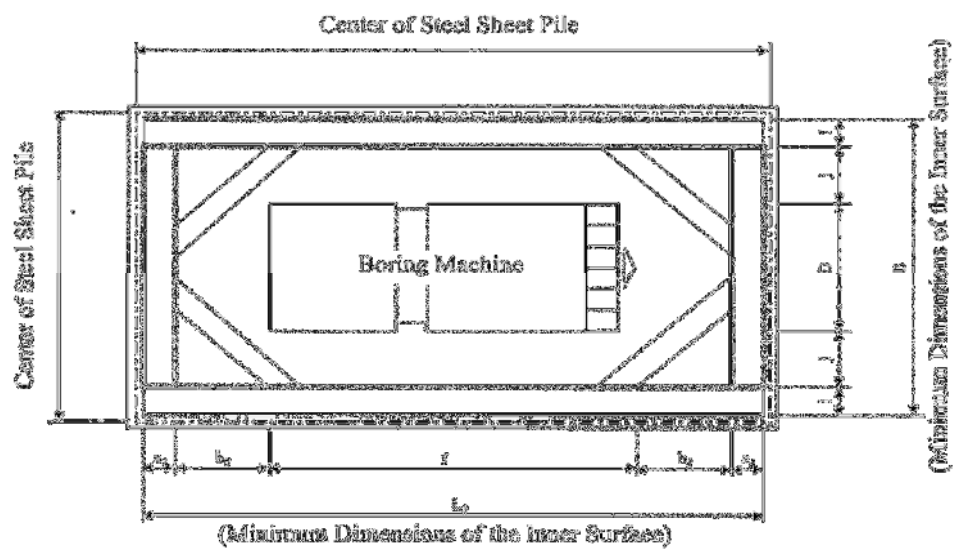
Tabel 2. Referensi ukuran untuk lubang keberangkatan

Nominal Diameter	Start Pit Length (L ₁) (m)										Width (B) (m)				Steel Sheet Pile Format Pit Dimensions Steel Sheet Pile Center (m)
	Back Wall	Reaction Board (Push Square)	Thrust Jack	Press Ring	Gland	Extra Space	Length of Boring Mechanism	Space for Bevel-Cut Operation	Start Pit Opening	Minimum Dimensions (Inner Surface)	Boring Machine Outer Diameter (D)	Width of Supporting Steel Material	Operation Space (j)	Minimum Dimensions (Inner Surface)	
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)						
800	0.80	0.20	1.470	0.20	0.30	0.10	2.61	1.00	0.40	7.08	0.98	0.3 × 2	0.6 × 2	2.78	7.20 × 3.20
900	"	"	"	"	"	"	2.25	"	"	6.72	1.10	"	"	2.90	7.20 × 3.20
1,000	"	"	1.550	"	"	"	2.40	"	"	6.95	1.22	"	"	3.02	7.20 × 3.20
1,100	"	0.24	"	0.25	"	"	2.45	"	"	7.09	1.35	"	"	3.15	7.60 × 3.60
1,200	"	"	1.560	"	"	"	2.51	"	"	7.16	1.45	"	"	3.25	7.60 × 3.60
1,350	"	"	"	"	"	"	2.84	"	"	7.49	1.62	"	"	3.42	8.00 × 4.00
1,500	"	"	"	"	"	"	3.05	"	"	7.70	1.80	"	"	3.60	8.00 × 4.00
1,650	"	"	"	"	"	"	3.20	"	"	7.85	1.97	"	"	3.77	8.40 × 4.00
1,800	1.00	"	"	"	"	"	"	"	"	8.05	2.14	0.4 × 2	"	4.14	8.40 × 4.40
2,000	"	"	"	"	"	"	3.34	"	"	8.19	2.37	"	"	4.37	8.80 × 4.80
2,200	"	"	"	"	"	"	"	"	"	8.19	2.61	"	"	4.61	8.80 × 4.80
2,400	"	"	"	"	0.35	"	"	"	"	8.24	2.84	"	"	4.84	8.80 × 5.20
2,600	"	"	"	"	"	"	"	"	"	8.24	3.06	"	"	5.06	8.80 × 5.60
2,800	"	"	"	"	"	"	3.21	"	"	8.11	3.30	"	"	5.30	8.80 × 5.60
3,000	"	"	"	"	"	"	"	"	"	8.11	3.53	"	"	5.53	8.80 × 6.00

- (Notes)
1. These are the dimensions when the thrust jack is a multi-stage jack.
 2. The length and width of the start pit is the minimum space for installing and starting to move the boring machine.
 3. A separate investigation is required for double movement or diagonal movement.
 4. The steel sheet pile format pit dimensions are shown for when type III steel sheet pile is used.



Gambar 26 Contoh gambar untuk lubang keberangkatan (*shaft departure*)



Gambar 27 Contoh gambar untuk ukuran lubang kedatangan

Tabel 3 Referensi ukuran untuk lubang kedatangan (*Arrival Shaft*)

Nominal Diameter	Arrival Pit (L _a) (m)			Width (B) (m)			Steel Sheet Pile Format Pit Dimensions Steel Sheet Pile Center (m)
	Width of Supporting Steel Material	Operation Space	Length of Boring Mechanism	Minimum Dimensions	Boring Machine Outer Diameter	Width of Supporting Steel Material	Minimum Dimensions
	(a ₂)	(b ₂)	(f)	(Inner Surface)	(D)	(i)	(Inner Surface)
800	0.30 × 2	0.60 × 2	2.61	4.41	0.98	0.30 × 2	2.78
900	"	"	2.25	4.05	1.10	"	2.90
1,000	"	"	2.40	4.20	1.22	"	3.02
1,100	"	"	2.45	4.25	1.35	"	3.15
1,200	"	"	2.51	4.31	1.45	"	3.25
1,350	"	"	2.84	4.64	1.62	"	3.42
1,500	"	"	3.05	4.85	1.80	"	3.60
1,650	"	"	3.20	5.00	1.97	"	3.77
1,800	0.40 × 2	"	"	5.20	2.14	0.40 × 2	4.14
2,000	"	"	3.34	5.34	2.37	"	4.37
2,200	"	"	"	5.34	2.61	"	4.61
2,400	"	"	"	5.34	2.84	"	4.84
2,600	"	"	"	5.34	3.06	"	5.06
2,800	"	"	3.21	5.21	3.30	"	5.30
3,000	"	"	"	5.21	3.53	"	5.53

- (Notes)
1. The length and width of the arrival pit is the minimum space when the jacking pipe arrives on a straight line and the boring machine is lifted up.
 2. If it arrives diagonally then a separate investigation is required.
 3. The steel sheet pile format pit dimensions are shown for when type III steel sheet pile is used.
 4. If the boring machine is transported in one piece. If it is divided, investigate for each type.

Setelah dilakukan evaluasi terhadap ukuran *shaft* berdasarkan jenis dan penggunaan peralatan jacking serta diameter pipa maka selanjutnya pelaksanaan pembuatan lubang (*shaft*) sebagai berikut:

a. Tipe selubung baja (*steel casing*)

Steel casing dibuat dari pelat baja yang dibentuk dari gabungan beberapa elemen sehingga berbentuk lingkaran atau elips. Penggabungan setiap elemen *shaft* pada keempat sisinya menggunakan sambungan las. Pelaksana Konstruksi harus melakukan evaluasi/perhitungan ulang terhadap dimensi *steel casing* sehingga tidak terjadi longsor.

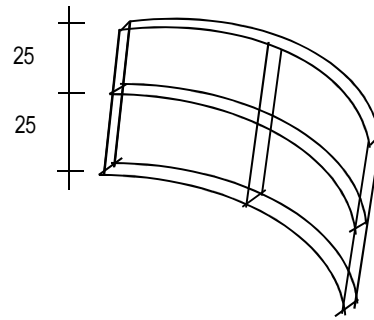
Sedangkan untuk tutup *shaft* bagian atasnya (*road deck cover*) dibuat sama, baik jenis maupun metode pemasangannya. Pada *tipe casing plate* setelah kedalaman galian mencapai 50 cm. Untuk kasus tertentu pada kondisi elevasi muka air tanah yang dangkal perlu dilakukan stabilisasi tanah diluar *shaft* agar tekanan air ke dinding penahan tanah berkurang. Salah satu metode yang dipakai dengan injeksi kimia sampai kedalaman dibawah elevasi dasar *shaft*. Material yang digunakan untuk injeksi menggunakan campuran Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Silika (Na_2SiO_3) atau sesuai dengan jenis tanah. Peralatan yang digunakan berupa mesin bor (*drilling machine*) dan 2 pompa injeksi (*injection pump*) untuk setiap material tersebut.

Setelah *road deck cover* selesai dipasang, pekerjaan selanjutnya yaitu pemasangan *steel casing* secara bertahap dengan

mendorong selubung setelah pekerjaan penggalian.

1. Umumnya berbentuk persegi untuk memudahkan pemasangan. Dimensi *Departure Shaft* 3.30 m x 6.60 m dan *Arrival Shaft* 3.30 m x 4.20 m atau sesuai dengan peralatan dan dimensi pipa yang akan dipasang.
 2. Peralatan yang digunakan yaitu excavator, *crane*, alat pancang, mesin las dan genset
 3. Penutup bagian atas menggunakan beton *deck cover* yang disokong dengan girder *H-beam*
- b. Tipe pelat lembaran (*liner plate*)
- Liner plate* dibuat dari pelat baja yang dibentuk dari gabungan beberapa elemen sehingga berbentuk lingkaran atau elips. *Liner plate* dibuat dari pelat baja tebal minimal 3 mm diperkuat dengan sirip pengaku dari pelat baja minimal 6 mm. Ukuran elemen *liner plate* dapat dibuat setinggi 50 cm dan panjang 150 cm atau untuk sisi lurus, sedangkan untuk sisi lengkung disesuaikan dengan ukuran *shaft*. Penggabungan setiap elemen *shaft* pada keempat sisinya menggunakan baut. Penyedia jasa harus melakukan evaluasi/perhitungan ulang terhadap dimensi *liner plate* sehingga tidak terjadi longsor.
- Dimensi *departure shaft* yang berbentuk elips dibuat 3.5 m x 6.5 m atau sesuai dengan mesin *jacking* dan dimensi pipa *jacking* sedangkan untuk yang berbentuk lingkaran dibuat dengan diameter minimal 6.1 m.

Arrival shaft dibuat berbentuk lingkaran dengan diameter 3,6 m atau disesuaikan dengan dimensi mesin jacking.



Gambar 28 Contoh Elemen *Liner Plate*

Sedangkan untuk tutup *shaft* bagian atasnya (*road deck cover*) dibuat sama, baik jenis maupun metode pemasangannya. Pada tipe *sheet pile* galian dapat dilaksanakan dengan lebih mudah karena dinding galian sudah terlindungi oleh *sheet pile*. Sedangkan pada tipe *liner plate* dinding galian dilindungi dengan *liner plate* setelah kedalaman mencapai minimal 50 cm.

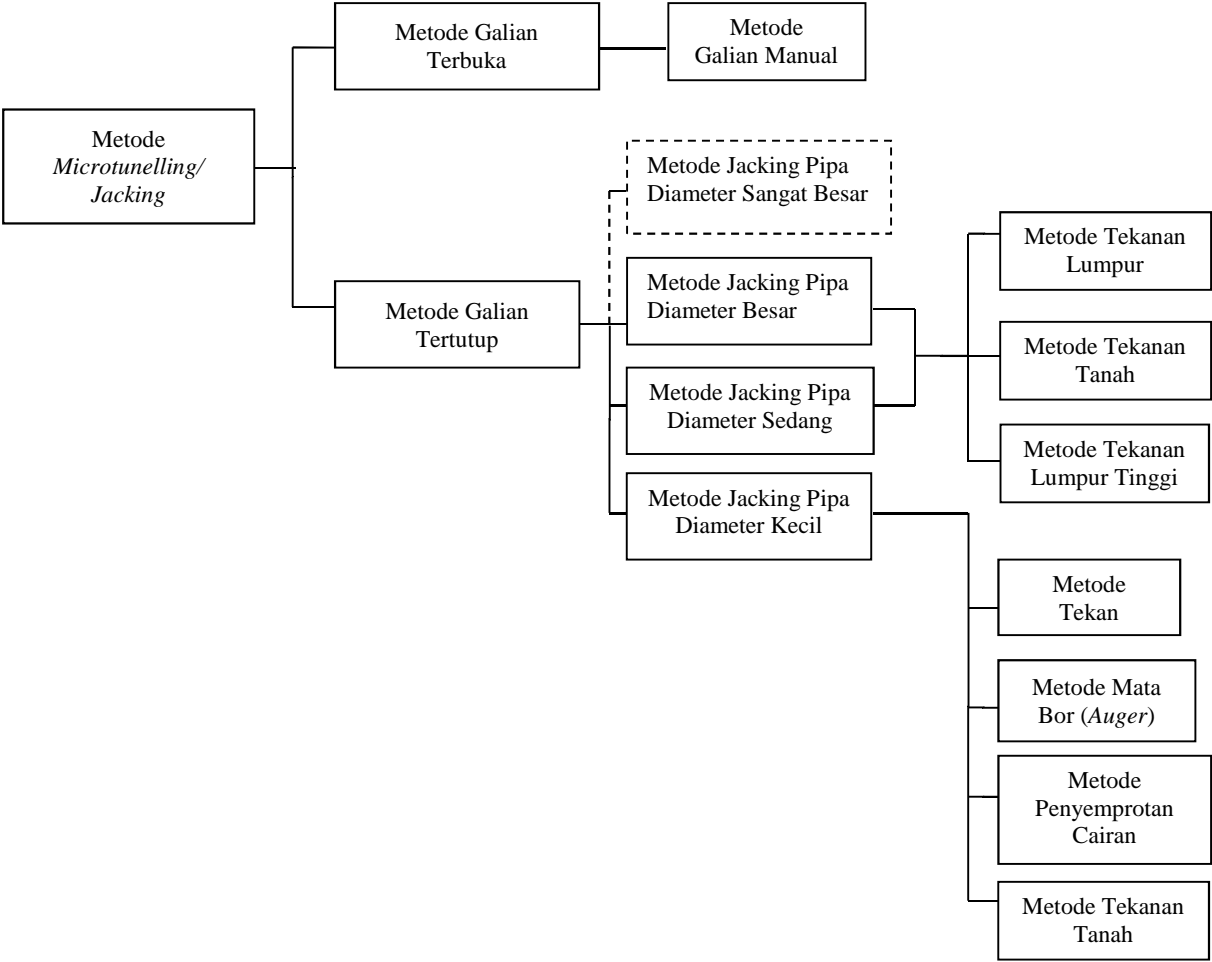
Untuk kasus tertentu pada kondisi elevasi muka air tanah yang tinggi perlu dilakukan stabilisasi tanah diluar *shaft* agar tekanan air ke dinding penahan tanah berkurang. Salah satu metode yang dipakai dengan injeksi kimia sampai kedalaman dibawah elevasi dasar *shaft*. Material yang digunakan untuk injeksi menggunakan campuran Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Silika (Na_2SiO_3) atau sesuai dengan jenis tanah. Peralatan yang digunakan yaitu mesin bor (*drilling machine*) dan 2 pompa injeksi (*injection pump*) untuk setiap material tersebut.

Setelah *road deck cover* selesai dipasang, pekerjaan selanjutnya yaitu pemasangan

liner plate. *Liner plate* dipasang bertahap mulai dari atas sampai ke elevasi terbawah. Pekerjaan galian *shaft* dilakukan dengan manual. Setiap galian mencapai kedalaman 50 cm dilanjutkan dengan pemasangan *liner plate*. Demikian seterusnya sampai mencapai kedalaman yang diinginkan.

(5) Pelaksanaan pemasangan pipa dengan metode *microtunneling/jacking*

Berdasarkan metode kerja maka pemasangan pipa dengan metode *microtunneling/jacking* dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu metode jenis galian terbuka (*open face types*) dan jenis galian tertutup (*close face types*). Untuk metode jenis galian tertutup dibedakan menjadi 3 jenis sesuai diameter pipa, yaitu metode *jacking* pipa diameter besar untuk diameter 2000 mm s/d 3000 mm, metode *jacking* pipa diameter sedang untuk diameter 800 mm sampai dengan 1800 mm, dan metode *jacking* pipa diameter kecil untuk diameter pipa sampai dengan 700 mm. Khusus untuk diameter pipa diatas 3000 mm metode *jacking* pipa dapat dikerjakan dengan metode *microtunneling/jacking*. Diagram klasifikasi pemasangan pipa metode *microtunneling/jacking* dapat dibagi menurut diameter pipa, jenis galian, penggunaan dan tujuan seperti berikut:



Gambar 29 Klasifikasi pemasangan pipa metode *microtunneling/jacking*

- a. Galian secara manual (*open face type*)
Menggunakan peralatan manual/tangan seperti cangkul, sekop untuk menggali tanah untuk jenis tanah kohesif dengan kepadatan rendah dan dapat dikombinasi menggunakan mesin. Untuk perbaikan stabilitas tanah apabila diperlukan dapat menggunakan material *grotting* dengan cara injeksi ke dalam tanah. Produktifitas pekerjaan kurang apabila dibandingkan dengan mesin bor mekanis sehingga metode ini cocok untuk pemasangan pipa dengan metode *microtunneling/jacking* pendek.

1. dipasang lampu penerangan di dalam galian;
 2. dipasang kipas/*blower* untuk menyediakan oksigen di dalam galian;
 3. pergantian tenaga kerja secara rutin untuk penggalian; dan
 4. tenaga kerja dilengkapi alat pelindung diri (*safety*).
- b. Galian dengan peralatan mekanis (*close face type*)

1. Metode *jacking* pipa diameter besar (*large diameter pipe jacking methods*) dan metode *jacking* pipa diameter sedang (*medium diameter pipe jacking methods*)

Metode *jacking* pipa diameter besar dan metode *jacking* pipa diameter sedang diklasifikasikan menjadi metode tekanan lumpur (*slurry pressure balance*), metode tekanan tanah (*Earth Pressure Balance - EPB*) dan metode tekanan lumpur tinggi (*high density slurry*) berdasarkan stabilitas mesin pemotong dan metode pemindahan sedimen.

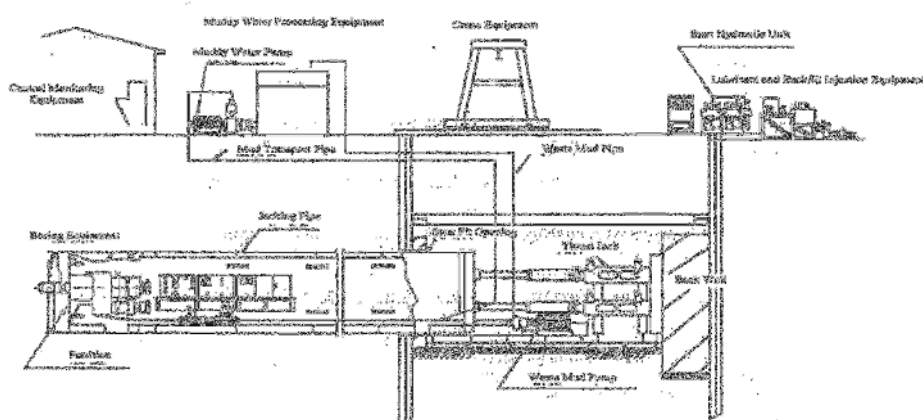
Pipa diameter besar dan sedang (diameter 800 mm s/d 3000 mm), diasumsikan dengan minimal diameter 800 mm orang bisa masuk ke dalam pipa untuk bekerja.

- a) Metode tekanan lumpur (*slurry pressure balance*)

Pengeboran dengan metode ini menggunakan lumpur untuk menstabilkan mesin pemotong, selanjutnya pipa didorong dengan tekanan mesin dongkrak

(jack) yang dipasang dilubang keberangkatan.

Hasil galian merupakan campuran air dan tanah berlumpur yang dikeluarkan dari lubang galian dengan pompa, selanjutnya dilakukan proses pemisahan antara lumpur dengan cairan. Cairan akan dikirim kembali ke mesin bor, sedangkan limbah lumpur dikirim ke pengolahan lumpur.



Gambar 31 Contoh gambar jenis slurry pressure balance

anah yang pada dasarnya berlaku untuk metode *jacking* tekanan lumpur (*slurry pressure balance*) yaitu tanah lempung (*cohesive soil*) N-value < 10, tanah berpasir (*sandy soil*) N-value < 50, tanah berbatu (*pebble soil*) kandungan batu 30% - 80%, dan tanah keras (*hard soil*) dengan kuat tekan uniaxial <200 MN/m²

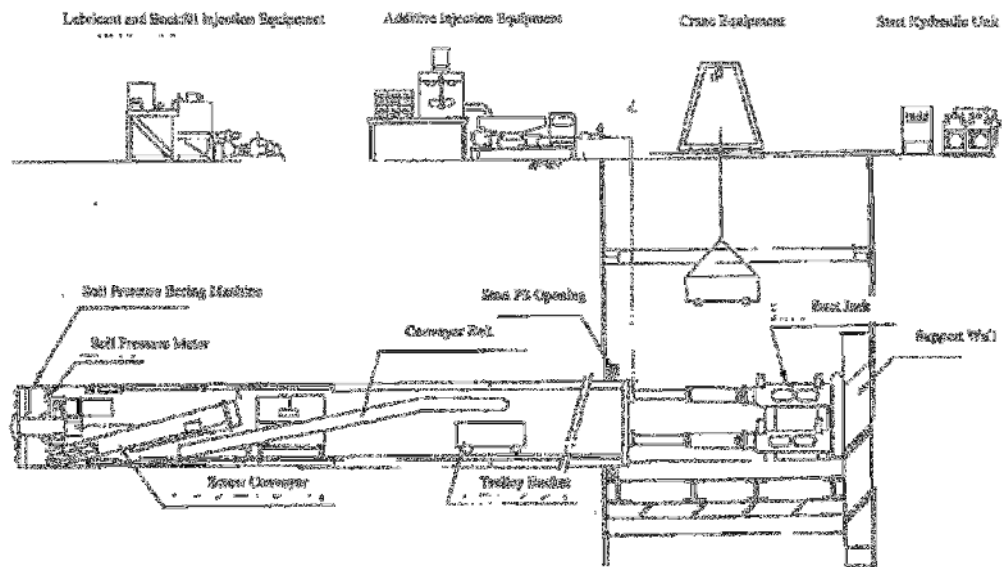
Catatan: permeabilitas air untuk hasil galian $k = 1 \times 10^{-2}$ cm/s, kuat tekan *uniaxial* untuk puing

dan batuan < 200 MN/m² dan untuk tanah bercampur puing dan batu serta mudah longsor stabilitas mesin pemotong di evaluasi bersamaan dengan metode injeksi dengan kimia

b) Metode tekanan tanah (*Earth Pressure Balance - EPB*)

Metode ini dilengkapi dengan peralatan *screw conveyor* untuk mengeluarkan hasil galian. Selama proses pengeboran pipa didorong oleh tekanan mesin dongkrak (*jack*) yang dipasang di lubang keberangkatan.

Selanjutnya hasil galian dipindahkan dengan *screw conveyor* ke *conveyor belt* dan dikeluarkan menuju lubang keberangkatan dengan bak trolis, pompa atau pompa penghisap/*vacuum*.



Gambar 32 Contoh gambar jenis *earth pressure balance* (EPB)

Jenis tanah yang pada dasarnya berlaku untuk EPB yaitu tanah lempung (*cohesive soil*) N-value < 10, tanah berpasir (*sandy soil*) N-value < 50, tanah berbatu (*pebble soil*) kandungan batu 30% - 80%, tanah keras (*hard soil*) dengan kuat tekan *aniaxial* < 200 MN/m²

Catatan: kuat tekan *aniaxial* untuk puing dan batuan < 200 MN/m², untuk tanah bercampur puing dan batu serta mudah longsor stabilitas mesin pemotong di evaluasi bersamaan dengan metode injeksi dengan zat kimia.

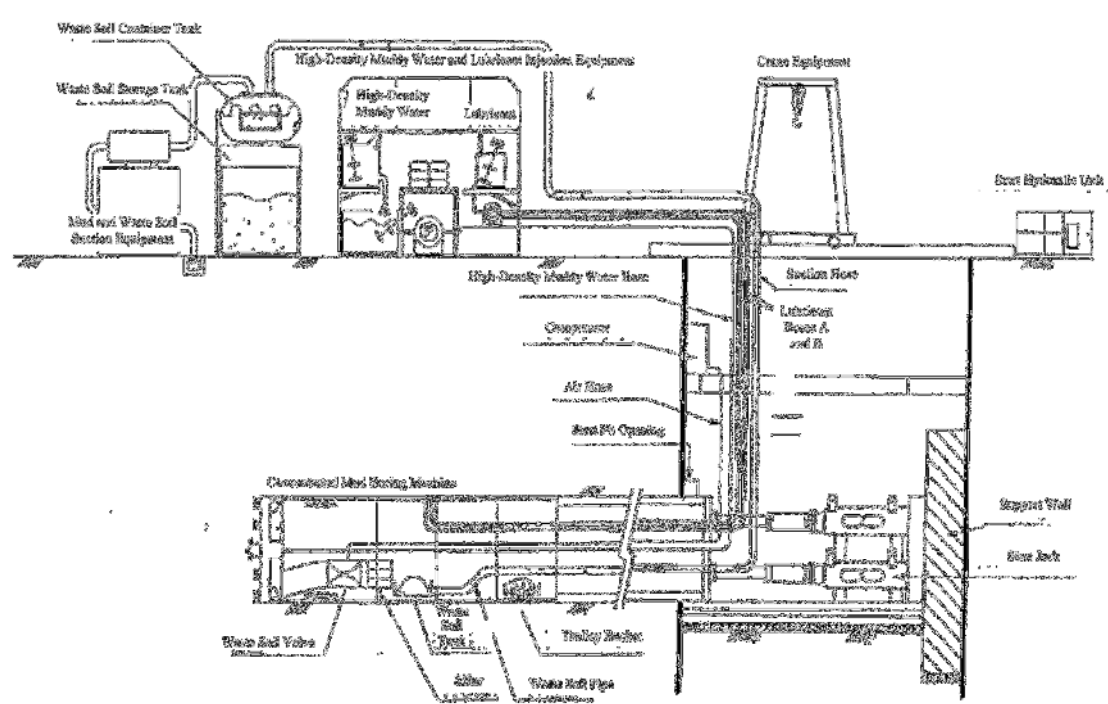
Tambahan aditif diperlukan untuk mengubah hasil galian menjadi lumpur, apabila tanah hasil galian tidak mengandung 30% partikel halus/kurang dari 75 mikron.

Untuk tanah dengan kualitas lanau bercampur pasir, pasir halus, pasir kasar dan berbatu partikel halus diperlukan untuk mengganti material yang hilang akibat proses penggalian. Untuk lumpur padat dan lempung kandungan airnya rendah dapat ditambahkan air supaya kandungan partikel halus setidaknya 30%.

- c) Metode tekanan lumpur tinggi (*high density slurry*)

Metode ini dilengkapi dengan pompa yang digunakan untuk

mendistribusikan lumpur. Pada mesin bor terdapat pipa untuk mengeluarkan pelumas untuk mengurangi gaya gesekan. Selama proses pengeboran pipa didorong oleh tekanan mesin dongkrak (*jack*) yang dipasang di lubang keberangkatan. Pada mesin bor terdapat *valve* untuk mengeluarkan hasil galian ke bak penampung yang selanjutnya dikeluarkan dengan pompa penghisap/*vacuum*. Untuk hasil galian berupa batu kerikil/koral besar dikeluarkan dengan bak troli.



Gambar 33 Contoh gambar metode jenis high density slurry

Jenis tanah yang pada dasarnya berlaku untuk metode tekanan lumpur tinggi (*high density*

slurry) yaitu tanah lempung (*cohesive soil*) N-value < 10, tanah berpasir (*sandy soil*) N-value < 50, tanah berbatu (*Pebble soil*) kandungan batu 30% - 80%, tanah keras(*hard soil*) dengan kuat tekan *aniaxial* <200NM/m². Catatan: permeabilitas air untuk hasil galian $k = 1 \times 10^{-2}$ cm/s, kuat tekan *aniaxial* untuk puing dan batuan < 200 MN/m², untuk tanah bercampur puing dan batu serta mudah longsor stabilitas mesin pemotong di evaluasi bersamaan dengan metode injeksi dengan zat kimia.

2. Metode *jacking* pipa diameter kecil

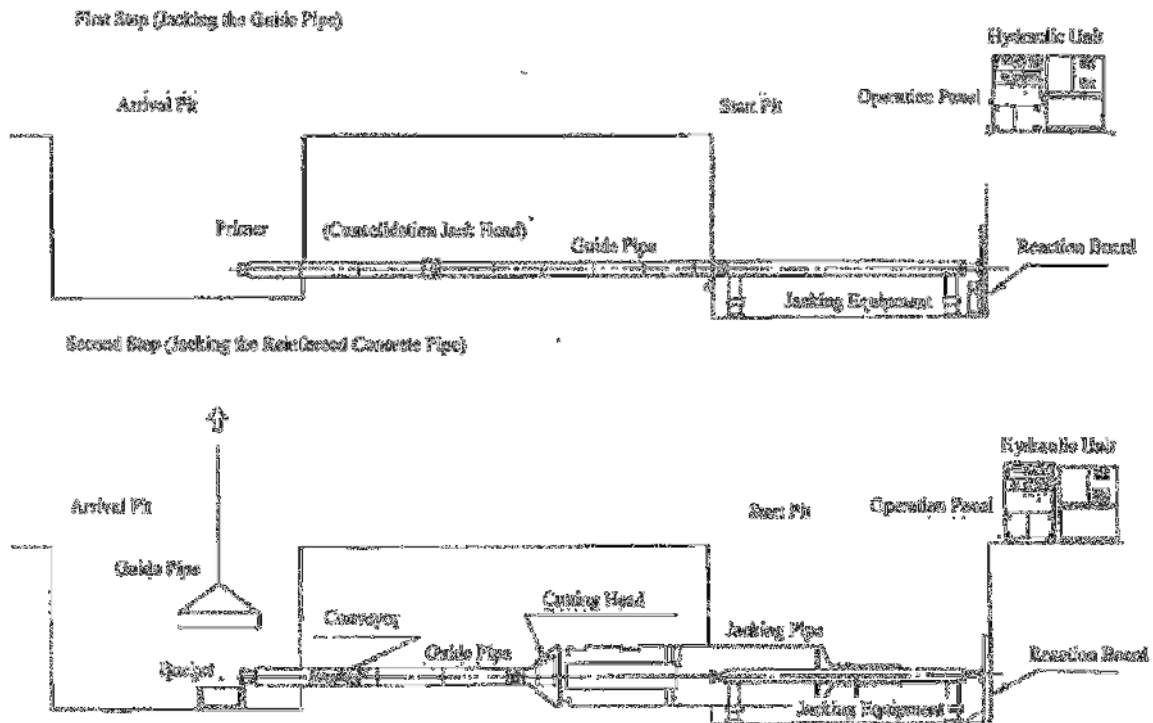
Merupakan pipa diameter sampai dengan 700 mm dan pekerja tidak diizinkan masuk ke dalam pipa, semua kegiatan yang dibutuhkan untuk pemasangan pipa dengan metode *microtunnelling/jacking* seperti kontrol mesin, pengeluaran hasil galian, pengukuran elevasi, dilakukan dengan pengendalian jarak jauh. Material pipa dapat menggunakan jenis pipa beton (*RC pipe*), PVC dan pipa baja. Pada umumnya metode pemasangan pipa diameter kecil dilaksanakan menggunakan metode pengeboran dengan sistem penyemprotan cairan (*slurry pressure balance type*), dengan uraian sebagai berikut:

a) Jenis tekan (*press-in types*)

Jenis tekan (*press-in types*) merupakan metode dengan dua tahapan pelaksanaan, tahap pertama pipa pemandu dimasukan sebagai pemandu pelaksanaan pemasangan pipa *sewer*.

Pemasangan pipa pemandu yang dimasukan dengan tekanan diarahkan dengan alat pengendali jarak jauh.

Pada tahap kedua bagian ujung pipa *sewer* terhubung dengan mesin pemotong dan pipa, pipa didorong dengan mesin *jack* mengikuti pipa pemandu yang diatur dengan alat pengendali jarak jauh, hasil galian dipindahkan oleh sekrup konveyor di samping pipa pengarah langsung menuju lubang kedatangan selama proses penggalian. Metode ini cocok untuk jenis tanah padat dan tanah berpasir dengan N-value < 15.



Gambar 34 Contoh gambar jenis tekan (*press-in type*)

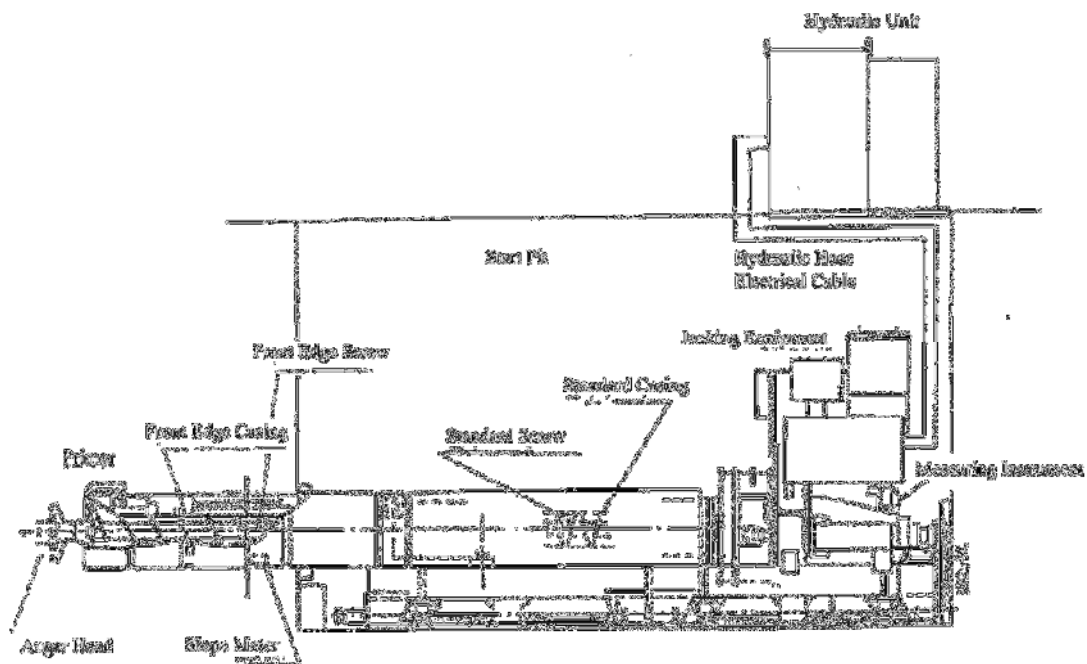
b) Metode mata bor (*auger*)

Metode ini dilengkapi dengan mesin mata bor (*auger*) dan ulir.

Sebuah perangkat pengendali jarak jauh disediakan untuk mengontrol peralatan. Sedimen hasil galian oleh mesin *auger* dipindahkan ke lubang keberangkatan dengan sekrup konveyor atau pipa yang terpasang di dalam pipa.

Metode ini digunakan untuk karakteristik tanah jenis tanah liat, pasir berlumpur, pasir dan kerikil kecil.

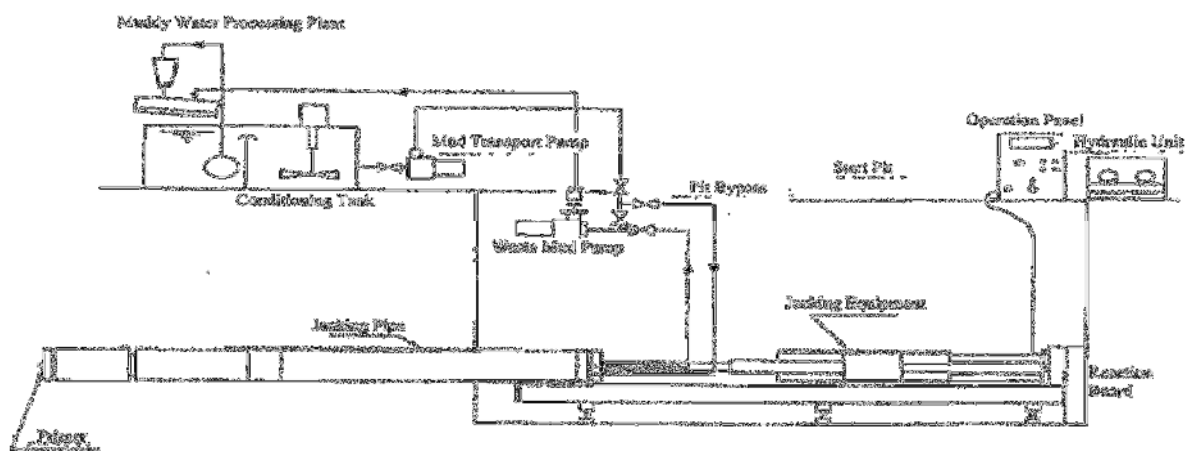
Mesin ini dilengkapi dengan peralatan/mesin pemotong khusus untuk tanah berbatu dan kerikil.



Gambar 35 Contoh jenis auger

c) Metode penyemprotan cairan (*slurry pressure balance type*)

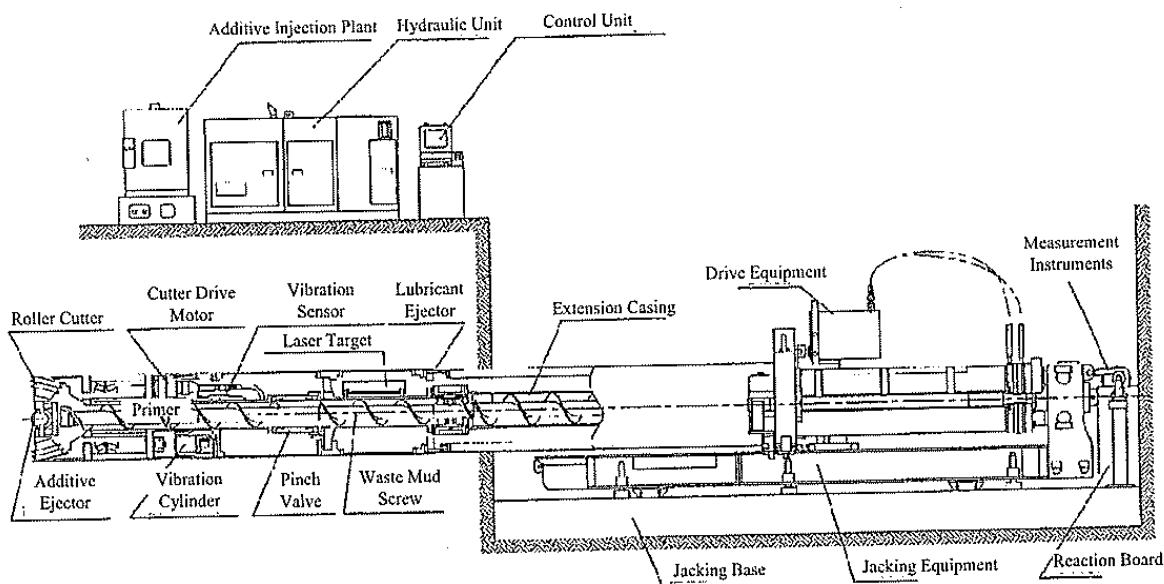
Proses penggalian memerlukan cairan yang dapat dibuat suspensi bentonit atau material polimer dan/atau kombinasi. Metode ini menggunakan alat pengendali jarak jauh untuk mengendalikan perangkat dan untuk mengoreksi arah penggalian. Metode ini digunakan untuk tanah lunak, pasir akuifer, kerikil pasir, atau mesin-mesin khusus yang dapat mengatasi puing dan batu. Hasil galian dikeluarkan menggunakan pompa.



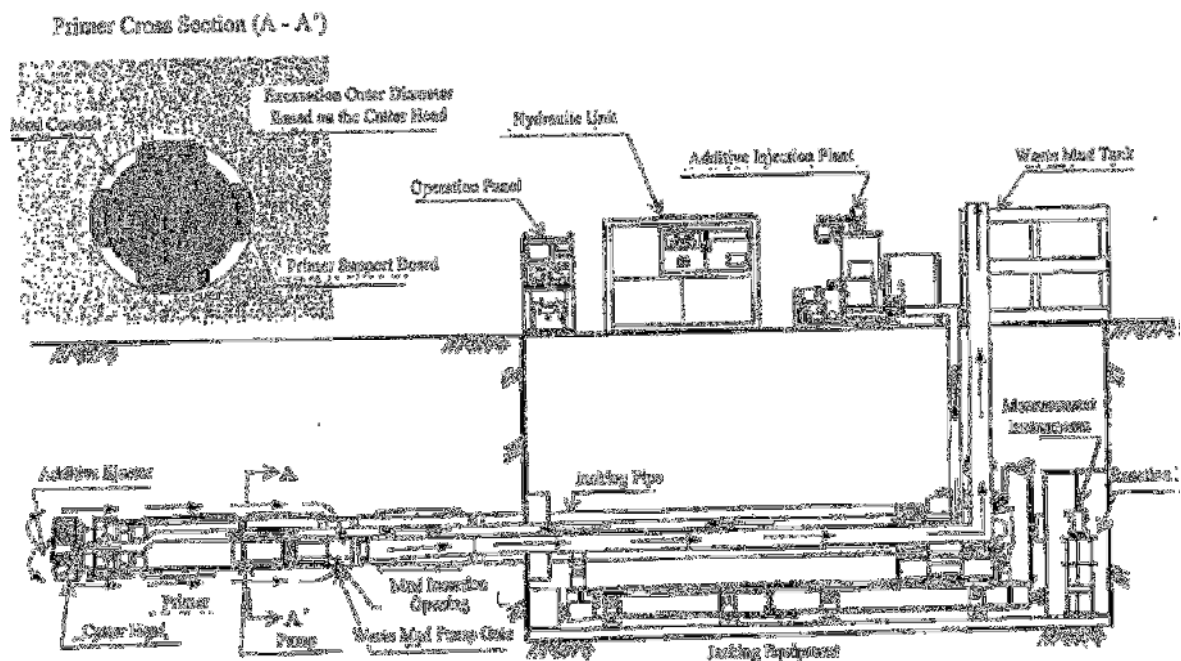
Gambar 36 Contoh gambar metode jenis slurry pressure balance

d) Metode tekanan tanah (*earth pressure balance type*)

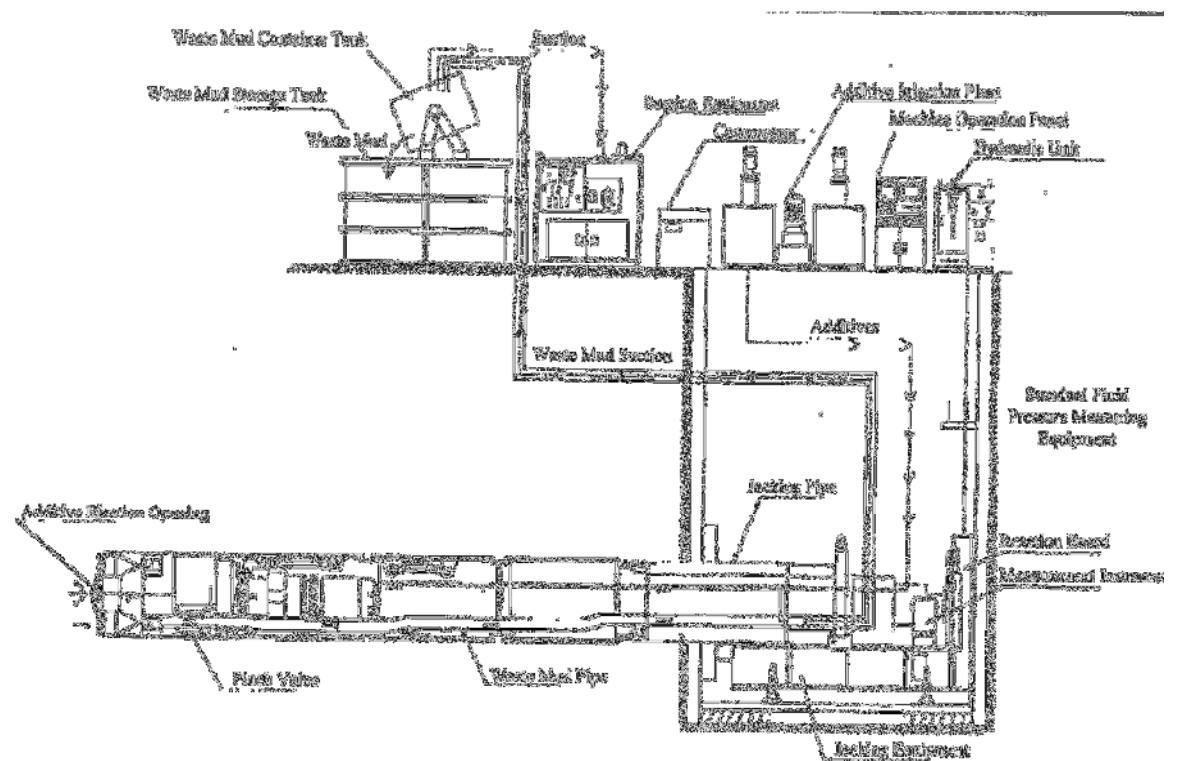
Metode ini menggunakan mesin pemotong dan aditif. Metode ini sesuai untuk jenis tanah keras, berpasir, berkerikil, dan berbatu. Material galian dikeluarkan dengan *screw conveyor*, pompa dan pompa penghisap/*vacuum*.



Gambar 37 Contoh gambar metode *earth pressure balance (EPB) screw conveyor*



Gambar 38 Contoh gambar metode *earth pressure balance (EPB)* pompa



Gambar 39 Contoh gambar metode *earth pressure balance (EPB)* pompa penghisap/ vacuum

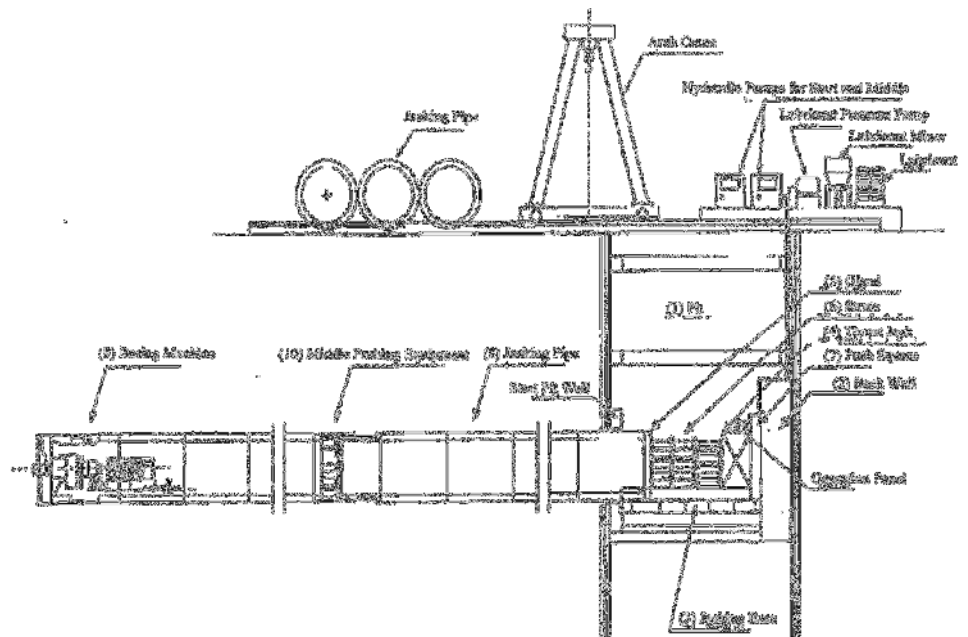
Kategori tanah akan mempengaruhi metode *microtunneling/jacking* berdasarkan karakteristik hasil galian. Untuk itu dibutuhkan penyesuain dengan melakukan penyelidikan tanah sehingga

didapatkan metode yang terbaik. Umumnya katagori tanah dapat dikelompokan menjadi sebagai berikut:

Tabel 4 Klasifikasi kualitas tanah

Kategori Tanah	Jenis Tanah
Tanah Kohesif	<div>- Humus</div> <div>- Lempung Berlanau</div> <div>- Lempung Berpasir</div> <div>- Tanah Liat</div> <div>- Tanah Liat Berpasir</div>
Batuan Lunak/Sedang/Keras	Lumpur Berbatu / Tanah keras
Tanah Berpasir	<div>- Tanah Lempung bercampur pasir</div> <div>- Pasir Lepas</div> <div>- Pasir Padat</div>
Kerikil/Puing/Batuan Besar	<div>- Kerikil Lepas</div> <div>- Kerikil Padat</div> <div>- Puing Bercampur Kerikil</div> <div>- Puing Bercampur Batu Besar</div>

3. Metode *jacking* pipa sangat besar (*very large pipe jacking methods*)
- Untuk hal-hal tertentu penggunaan material pipa dengan diameter besar sampai diameter 5000 milimeter dengan metode *microtunneling/jacking* masih dapat digunakan dengan perkembangan teknologi dan kekuatan mesin jackingnya serta dilengkapi dengan *middle pushing equipment*.



Gambar 40 Contoh metode *pipe jacking* sangat besar (*very large pipe jacking methods*)

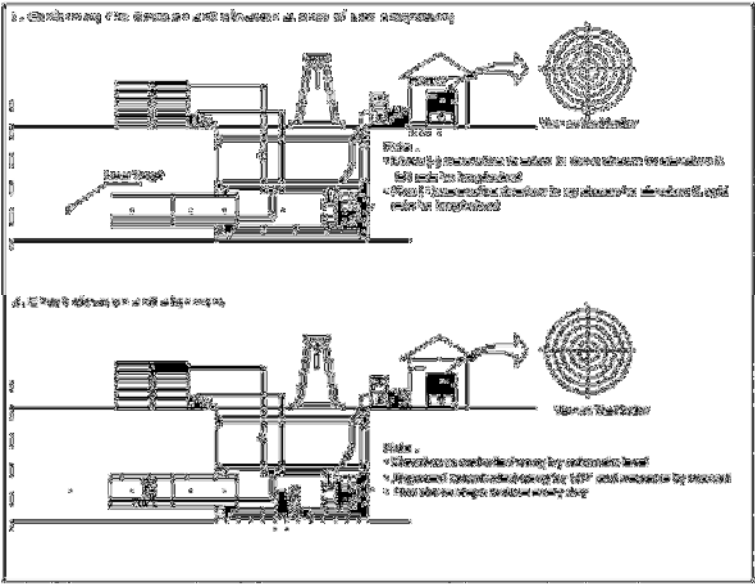
(6) Tahapan pelaksanaan pemasangan pipa metode *microtunneling/jacking*

Tahapan pelaksanaan pemasangan pipa dengan metode *microtunneling/jacking* secara garis besar terdiri dari kegiatan:

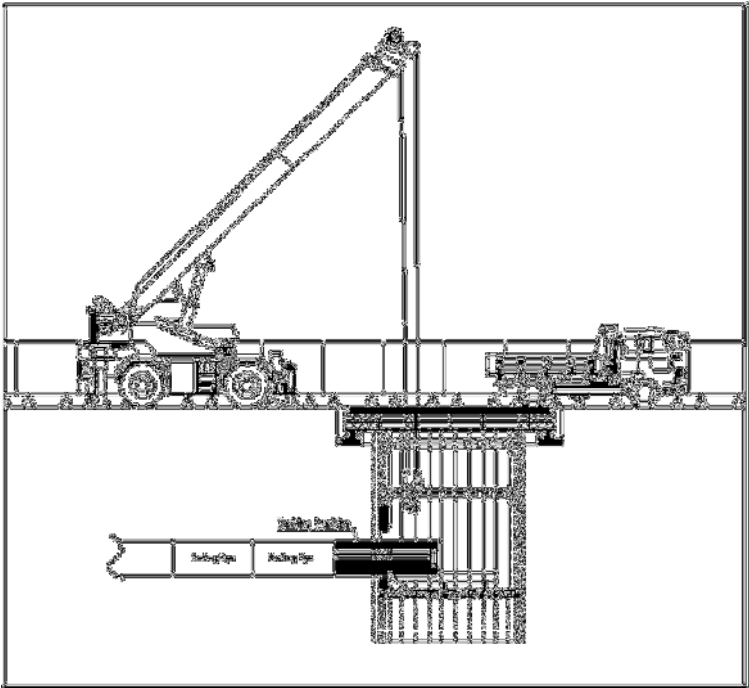
- a. Pekerjaan pembuatan *shaft* baik *shaft* keberangkatan dan *shaft* kedatangan. Pekerjaan ini terdiri dari pekerjaan *excavation deck*, *sheet pile driving*, *deck cover*, *shaft lean concrete*, *install shoring concrete trust wall* dan *entrance ring*.
- b. Pekerjaan pemasangan peralatan seperti generator, *guide rail*, *trust tall*, *trust wall*, *Jhonestone*, *Hidraulic Jack*, *Slurry Tank*, *Slurry Pipe System*, *Sand Pump*, *Control Unit*, dan *Jacking Unit*.
- c. Mesin bor yang berada di bagian depan akan mengebor tanah dan di dorong dengan mesin *jacking* dengan tenaga hidrolik. Tanah hasil bor akan masuk ke dalam mesin dan dicampur dengan cairan agar larut sehingga dapat dialirkan keluar

melalui pipa, *vaccum*, troli atau gerobak. Selama pengeboran, besarnya tekanan cairan dalam mesin bor disesuaikan dengan tekanan tanah dan air tanah yang bertujuan untuk memperoleh tingkat kestabilan yang cukup dalam melaksanakan pengeboran tanah.

- d. Setelah mesin bor mencapai jarak satu pipa, pendorong mesin *jacking*/hidrolik akan kembali ke posisi semula. Pipa air limbah domestik akan diturunkan ke dalam *shaft* dan akan berada di antara mesin bor dan mesin *jacking*/hidrolik untuk selanjutnya didorong oleh mesin hidrolik dan mesin bor akan bekerja untuk mengebor tanah. Proses ini dilakukan berulang sampai mesin bor mencapai *shaft* kedatangan untuk diangkat ke permukaan.
- e. *Shaft* keberangkatan dapat bekerja ke dua arah (ke arah *upstream* dan ke arah *downstream*) demikian pula dengan *shaft* kedatangan dapat menerima *shaft* keberangkatan dari dua arah.
- f. Setelah pekerjaan pemasangan pipa selesai dikerjakan selanjutnya pekerjaan penyelesaian akhir pada tiap *shaft* berupa pemasangan *manhole* serta pengembalian perkerasan permukaan di *shaft* tersebut.
- g. Berikut ini ilustrasi proses pelaksanaan pekerjaan pemasangan dengan metode *microtunneling/jacking*:



Gambar 44 Pelaksanaan Pipa *Jacking*



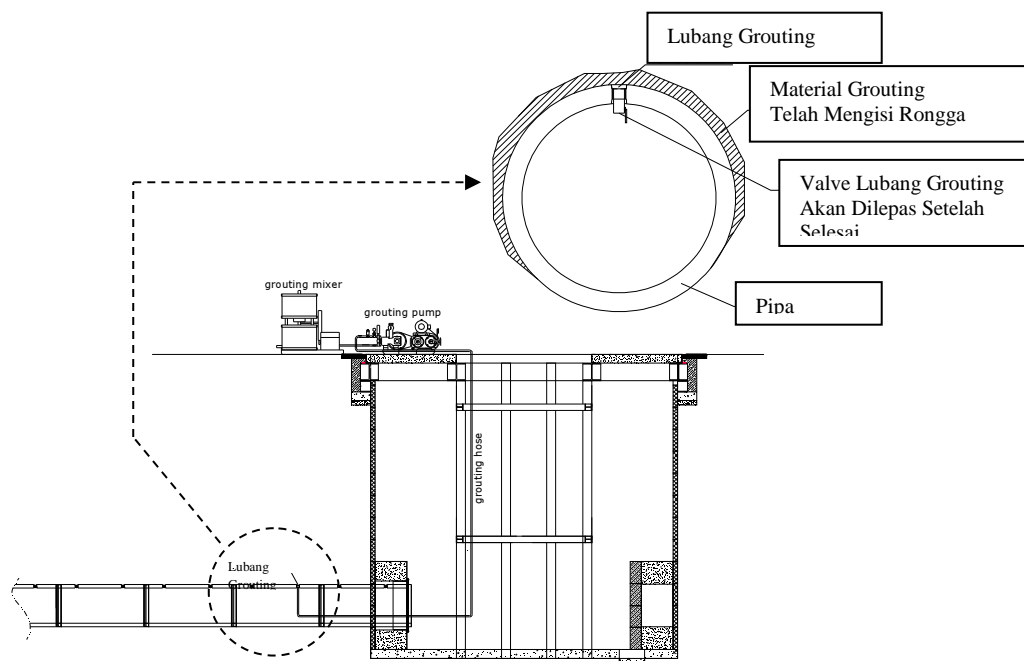
Gambar 45 Mesin *Jacking* tiba di *Shaft* Kedatangan

- (7) Kontrol kelurusan dan kemiringan pipa
- Kontrolnya dilakukan dengan menetapkan target dan arah pengeboran menggunakan *theodolit* dan sinar laser di *shaft* keberangkatan, seperti uraian berikut:
- a. titik koordinat arah pengeboran ditetapkan (*laser transit target*);
 - b. kontrol arah pengeboran dengan menggunakan sinar laser; dan

- c. periksa kembali posisi pipa terhadap titik koordinat yang ditetapkan.

(8) Pengisian rongga galian (*back fill injection*)

Untuk mengisi rongga yang kemungkinan terjadi di sekeliling pipa dilakukan pengisian dengan material semen dan *bentonite* atau material lain dengan cara menyuntikan melalui lubang yang sudah disiapkan menggunakan peralatan *grouting*.



Gambar 46 Contoh ilustrasi pengisian rongga galian

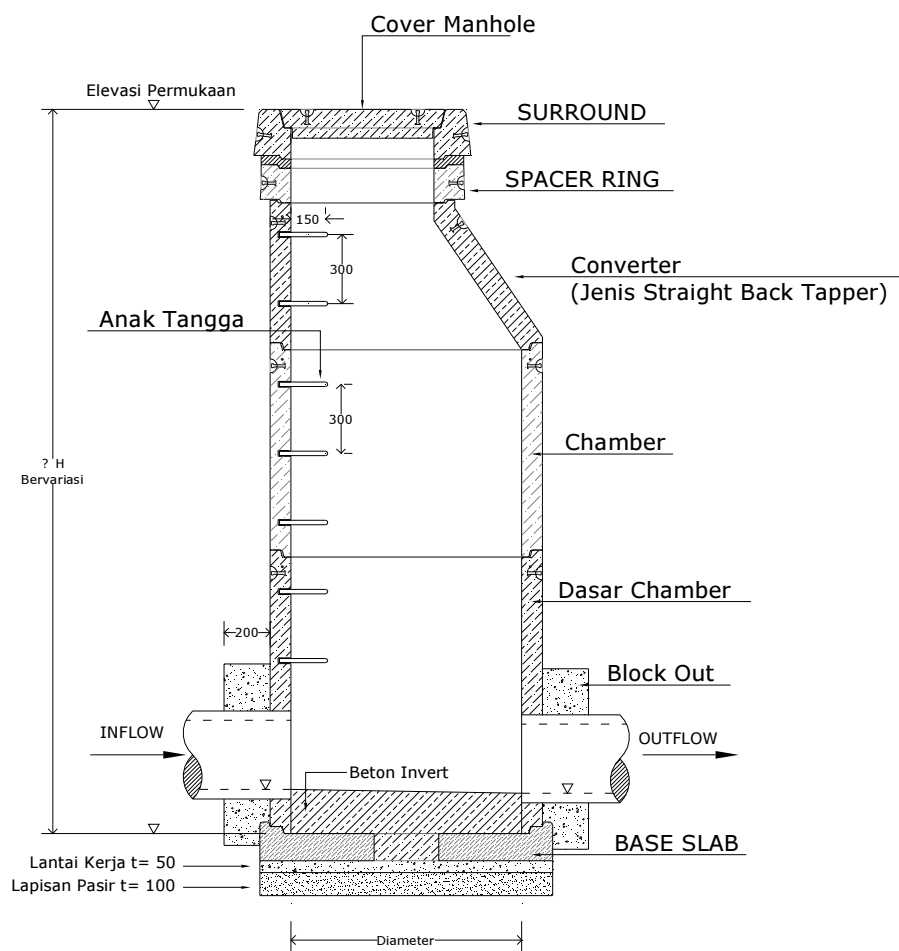
c) Bangunan pelengkap

Bangunan pelengkap merupakan bagian dari sistem jaringan air limbah domestik untuk keperluan penyesuaian pengaliran, pengecekan dan pemeliharaan antara lain *manhole*, *drop manhole*, bangunan pelintas (*siphon*), saluran penggelontor (*terminal clean out*), dan bak penampung air limbah untuk dipompa (*wet pit*) dan rumah pompa (*pumping station*).

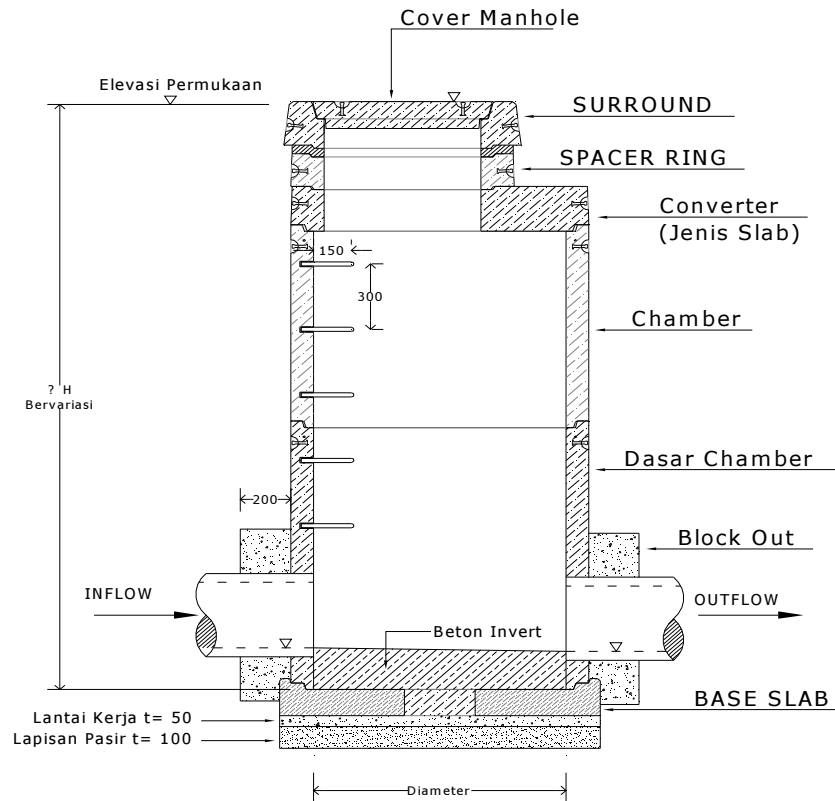
1) *Manhole*

Pada umumnya komponen *manhole* dibuat dengan pabrikan (*precast*) dan cor ditempat (*cast in situ*). Keuntungan dari penggunaan komponen *precast* yaitu

mempercepat proses pemasangan, dengan demikian gangguan yang timbul dapat diminimalisasi. Kualitas betonnya minimal K-350 untuk produksi pabrikan, minimal K-250 untuk cetak di tempat (*cast in situ*) dan menggunakan semen tahan asam sulfat untuk menghindari korosi. Setiap sambungan komponen disambung dengan material *butyl mastic* yang sesuai dengan rekomendasi dari pabrik. Komponen *manhole* dilengkapi dengan anak tangga untuk memanjat atau menuruni *manhole* pada saat inspeksi atau perawatan seperti pada gambar berikut.



Gambar 47 Gambar Tipikal Manhole



Gambar 48 Tipikal *Manhole* dengan *Converter Slab*

Pelaksanaan pemasangan sebagai berikut:

(a) Penggalian

Penggalian dilakukan sampai kedalaman sesuai dengan yang tertera pada gambar kerja termasuk kedalaman untuk lapisan pasir dan lantai kerja. Lebar galian ditambah minimal 200 mm dari diameter luar *base slab manhole*.

(b) Lapisan pasir dan lantai kerja

Berikan lapisan pasir pada permukaan galian dan dipadatkan sampai tebalnya mencapai minimal 100 mm. Diatas lapisan pasir dipasang beton lantai kerja setebal 50 mm.

(c) Pemasangan komponen *manhole*

Pemasangan komponen *manhole* berturut-turut dari *base slab*, dasar *chamber*, *chamber*, *spacer ring*, *surround* dan *cover*. Pada setiap sambungan komponen *manhole* dipasang *rubber wedge* atau *butyl mastic sealent tape* sesuai dengan BS 2494.

(d) Pemasangan pipa dengan *manhole*

Untuk memasang pipa, dinding pada dasar *chamber* dilubangi sebesar diameter luar dari pipa. Sambungan *manhole* dengan pipa diperkuat dengan beton *block out*. Di dalam *manhole* diantara pipa masuk dan pipa keluar dibuatkan alur setengah diameter pipa untuk aliran air limbah domestik.

- (1) Tutup *manhole* dibuat berdiameter minimal 600 mm.
- (2) Antara tutup *manhole* dengan *frame* harus mempunyai kekuatan yang mampu menahan beban yang melintas diatasnya. Klasifikasinya dibedakan menjadi beban berat untuk lalu lintas yang padat dan dilewati kendaraan berat dan beban ringan untuk lalu lintas yang tidak terlalu ramai dan hanya dilintasi oleh kendaraan ringan.
- (3) Pada *manhole* harus disediakan tangga pijakan. Jarak tangga antara 30 cm sampai 40 cm. Tangga dapat dibuat dari plastik atau besi yang dilapisi dengan plastik untuk menghindari korosi akibat gas yang bersifat korosif seperti hidrogen sulfida.
- (4) Pemadatan pada saat pengurukan dilakukan setiap 30 cm. Demikian seterusnya sampai pada pengembalian perkerasan permukaan jalan.

2) *Drop Manhole*

Apabila dasar pipa (*invert*) yang masuk (*inflow*) ke dalam *manhole* mempunyai perbedaan dengan *invert* pipa penerima (*outflow*) lebih dari 60 cm diperlukan *drop manhole* agar aliran dari pipa tersebut tidak merusak dasar *manhole*. Pelaksanaan pemasangannya hampir sama dengan pemasangan *manhole* hanya diberi fasilitas pipa samping pada dasar *chamber* seperti pada uraian berikut.

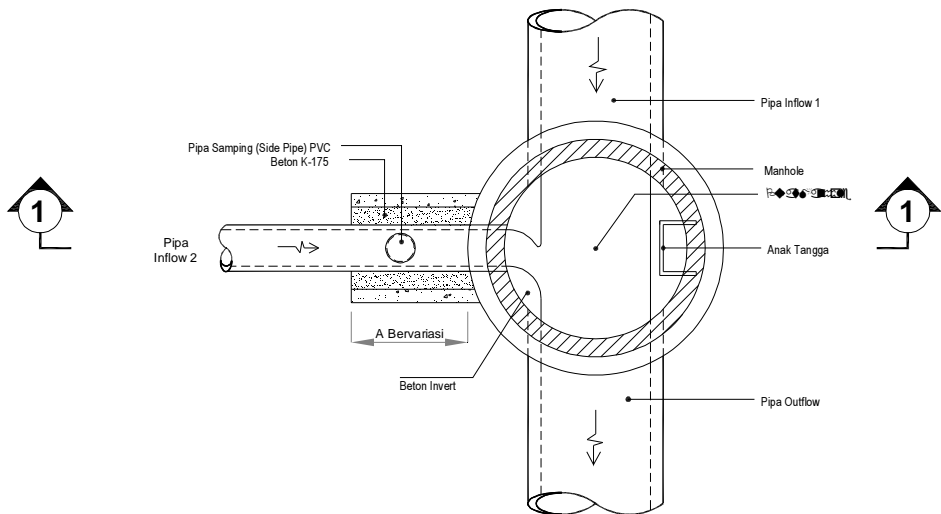
- (a) Menyiapkan lubang pada *manhole* untuk pemasangan pipa. Dasar *chamber* dilubangi untuk

memasukkan pipa *inflow* dan pipa sampingnya (*side pipe*) serta pipa *outflow*.

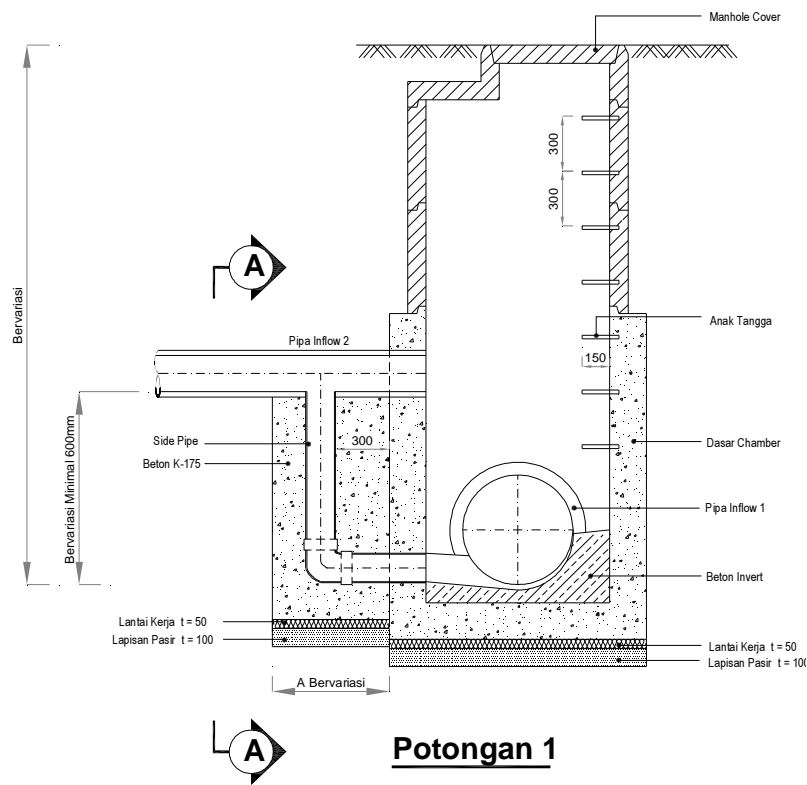
- (b) Membuat lubang di bagian bawah pada pipa *inflow* untuk memasang pipa samping. Pipa yang digunakan untuk pipa samping terbuat dari PVC. Sedangkan tipikal diameternya mengikuti diameter pipa *inflow* seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 5 Ukuran pipa samping

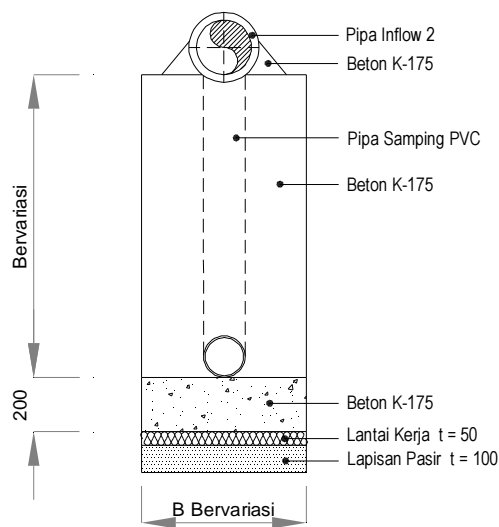
Diameter Pipa Inflow (mm)	Diameter Pipa Samping (mm)
200	150
250	200
300	200
400	200
500	250
600	300



Gambar 49 Layout Manhole Dengan *Side Pipe*



Gambar 50 Potongan 1-1



Gambar 51 Detail A

Selanjutnya pipa samping diberi beton dengan dimensi seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 6 Ukuran cor beton pada pipa samping

Diameter Pipa Inflow (mm)	A (mm)	B (mm)
200	600	450
250	650	500

300	650	550
400	650	650
500	700	750
600	750	850

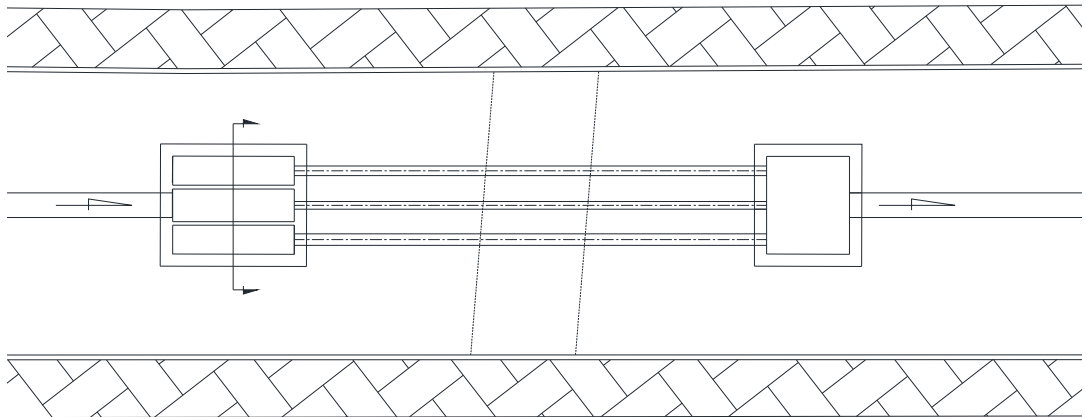
3) Bangunan perlintasan (*siphon*)

Siphon merupakan bangunan perlintasan pipa di bawah sungai/kali, saluran yang melintang sebidang dengan pipa air limbah (*sewer*).

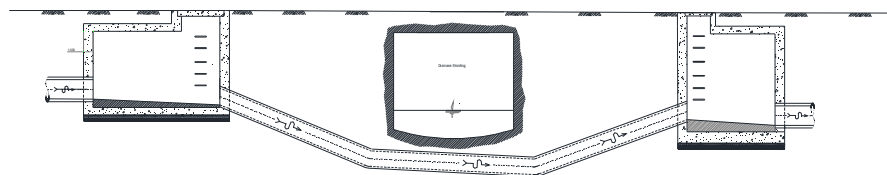
Siphon harus memenuhi ketentuan teknis sebagai berikut:

- (a) Ada gambar perencanaan/*shop drawing* yang jelas dan lengkap.
- (b) Struktur bangunan dari beton bertulang, dapat menggunakan beton *precast* atau cor di tempat dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang.
- (c) Pipa penghubung/pipa *siphon* dapat memakai pipa PVC atau *RC Pipe* (Pipa Beton).
- (d) Persiapan awal:
 - (1) topografi survei dan penentuan titik elevasi;
 - (2) penyiapan peralatan dan alat bantu yang dibutuhkan;
 - (3) penyiapan bahan yang dibutuhkan; dan
 - (4) pemasangan rambu pengaman dan pengalihan arus lalu lintas jika diperlukan.
- (e) Pelaksanaan konstruksi:
 - (1) pekerjaan galian dan pemasangan dinding penahan tanah untuk mengamankan galian;
 - (2) penggalian dengan cara terowongan manual untuk memasang pipa *siphon*;
 - (3) pengisian celah diluar pipa *siphon* dengan material berpasir dan disiram dengan air;
 - (4) bangunan perlintasan dapat dibuat di lokasi (beton cor di tempat/*cast in situ*) atau

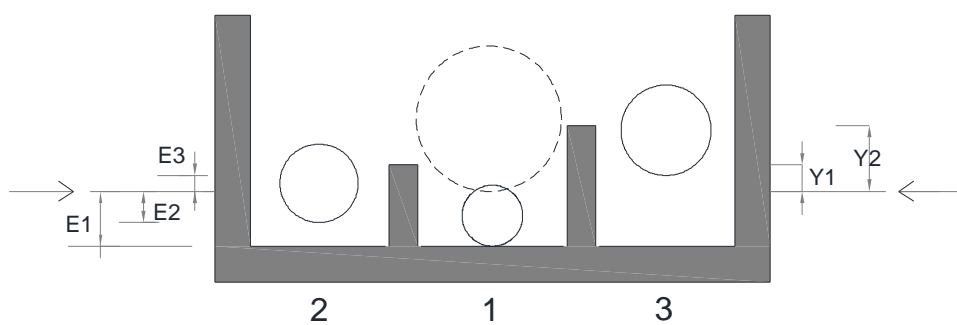
- menggunakan beton *precast* yang dibuat persegmen;
- (5) pembongkaran dinding penahan tanah;
 - (6) penimbunan kembali dan dipadatkan; dan
 - (7) pengembalian pekerjaan sesuai kondisi awal.



Denah



Potongan



Potongan A - A

Keterangan :

E1 = Elevasi invert pipa no.1 Y1 = Tinggi sekat

(a)

E2 = Elevasi invert pipa no.2 Y2 = Tinggi sekat

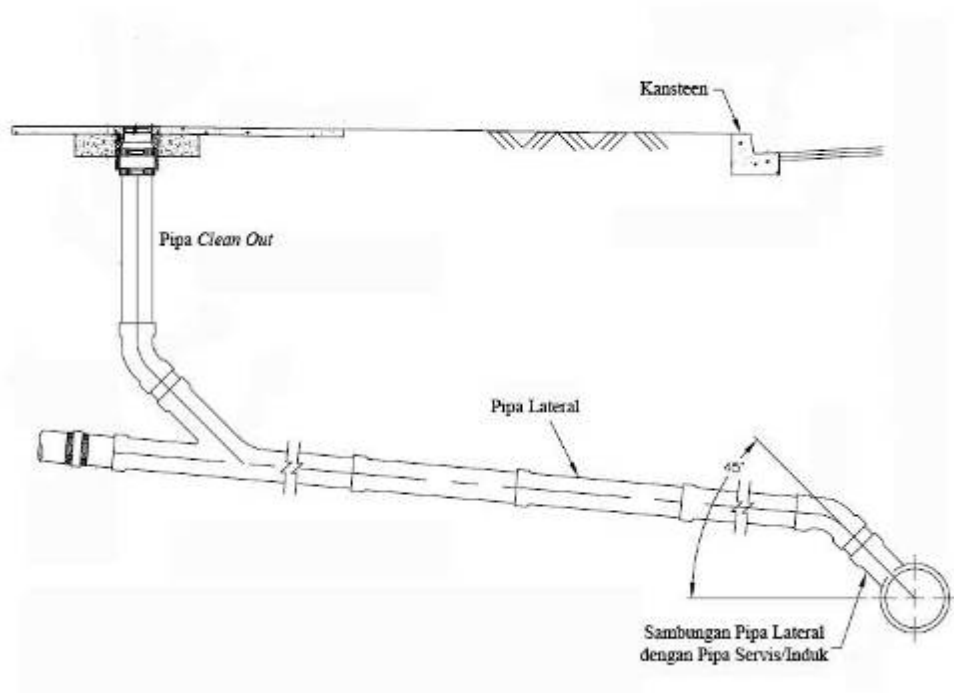
(b)

E3 = Elevasi invert pipa no.3

Gambar 52 Contoh Bangunan perlintasan

4) Saluran penggelontor (*terminal clean out*)

Saluran penggelontor (*terminal clean out*) dipasang diujung pipa lateral dengan menggunakan pipa PVC. Konstruksi berbentuk pipa seperti busur seperempat lingkaran dilengkapi penutup yang dapat dibuka.



Gambar 53 Contoh Gambar Saluran Penggelontor

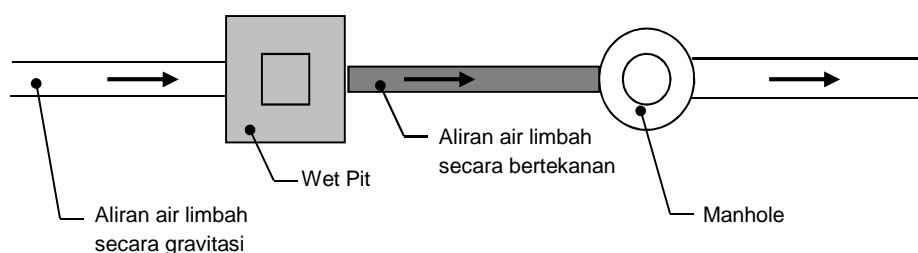
Pemasangan saluran penggelontor sebagai berikut:

- (a) saluran penggelontor dipasang bersamaan dengan pemasangan pipa lateral;

- (b) sambungan pada saluran penggelontor dengan pipa lateral menggunakan sambungan pipa cabang (T) dan material sambungan tipe *solvent cement*;
- (c) pada bagian atas saluran penggelontor menggunakan penutup sistem ulir agar mudah dibuka dan diperkuat dengan *cover* beton; dan
- (d) selanjutnya dilakukan pekerjaan urukan kembali sesuai dengan kondisi awal.

5) Bak penampung air limbah domestik untuk dipompa (*Wet Pit*)

Wet pit berfungsi untuk menampung air limbah yang akan dipompa ke bagian hilir.



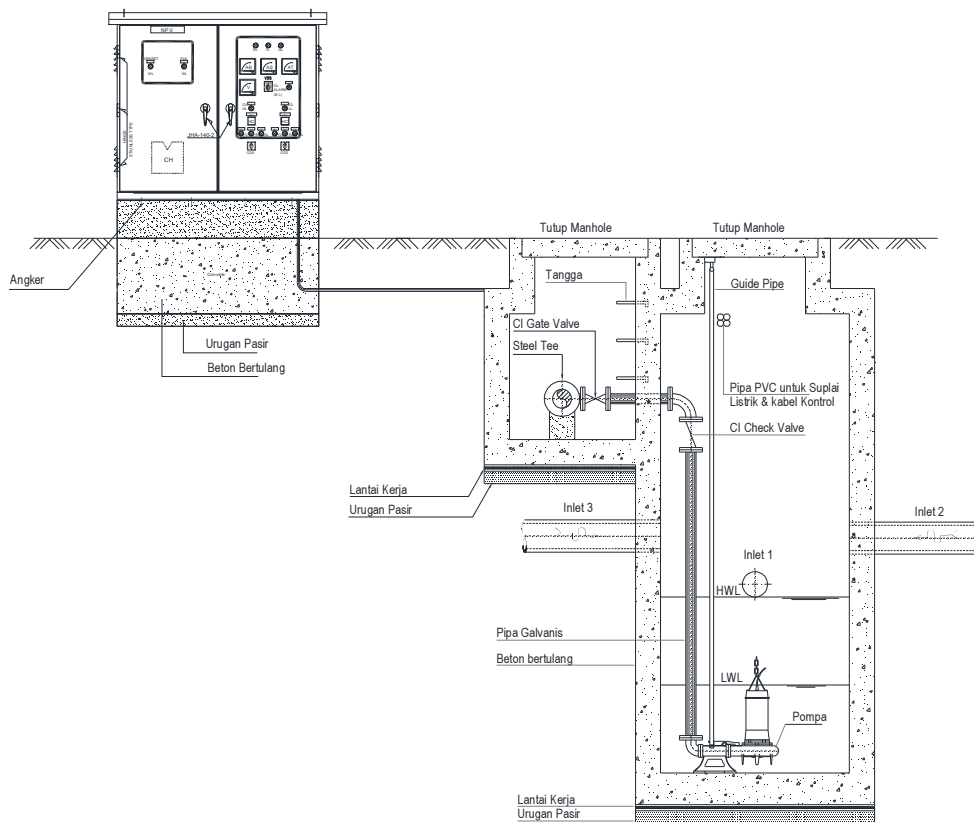
Gambar 54 Skema Jaringan Air Limbah dengan *Wet Pit*

Wet pit terbuat dari beton bertulang yang kedap air. Tahapan pekerjaannya sebagai berikut:

- (a) Persiapan pekerjaan *wet pit* meliputi pengamanan area kerja dengan pemasangan pagar pengaman, rambu lalu lintas dan kelengkapan peralatan, material, alat bantu, dan tenaga kerja.
- (b) Melakukan penggalian secara bertahap dengan memperhatikan kondisi tanah galian, dan membawa hasil galian ke *stockyard* untuk dilakukan pemilahan sebagai bahan urukan kembali.
- (c) Pemasangan dinding penahan tanah untuk menghindari longsoran.
- (d) Siapkan *dewatering* untuk mengantisipasi genangan air tanah.
- (e) Konstruksi *wet pit* dapat menggunakan beton metode cor ditempat (*cast in situ*) atau pra cetak

(*precast*) tergantung dari kemudahan dalam pelaksanaan.

- (f) Sebelum pekerjaan struktur dimulai, dilakukan pengecekan elevasi galian dan lebar galian.
- (g) Pekerjaan struktur terdiri dari pekerjaan *bekisting*, pembesian dan pengecoran dan pelaksanaan sesuai dengan gambar kerja. Material beton sesuai dengan mutu beton yang disyaratkan dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang
- (h) Penimbunan kembali, pekerjaan perkerasan dapat dilakukan setelah konstruksi beton cukup untuk menerima beban, dan pada bagian atas dilengkapi dengan tutup beton yang dapat dibuka untuk melakukan pemeliharaan.

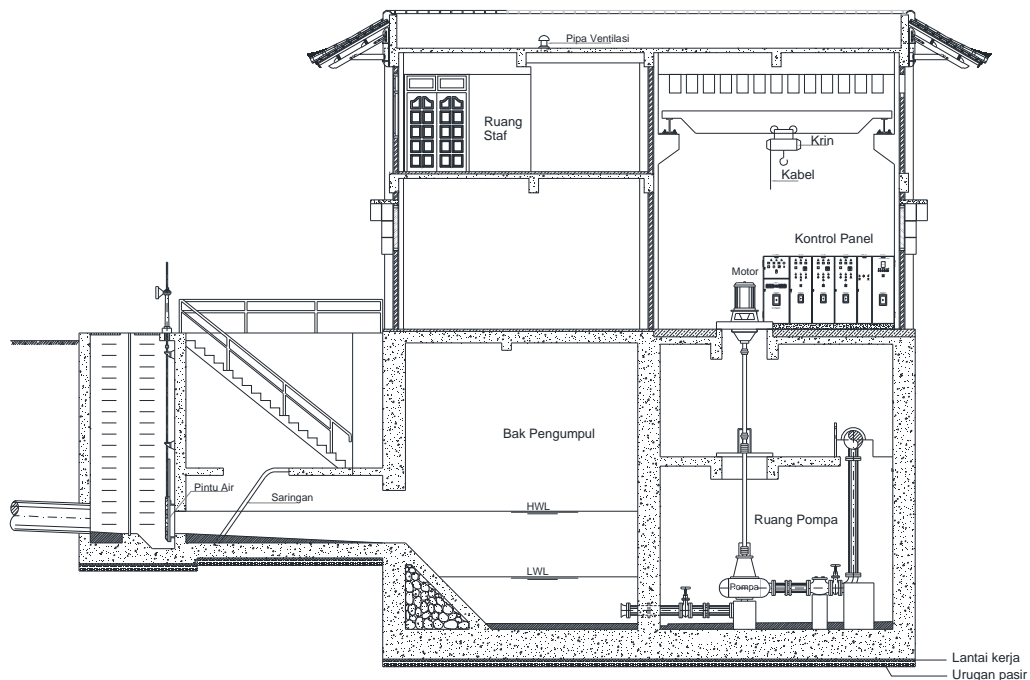


Gambar 55 Contoh Potongan *Wet Pit*

6) Rumah pompa (*pumping station*)

Bangunan rumah pompa terdiri dari *inlet*, bak penampung limbah (*wet well*), ruang pompa (*pump room*)

yang berfungsi menampung sementara air limbah untuk selanjutnya dipompa menuju elevasi yang direncanakan.



Gambar 56 Contoh Potongan Melintang Rumah Pompa

(a) Umum

Pembangunan rumah pompa harus memenuhi ketentuan umum sebagai berikut:

- (1) tersedia lahan yang cukup karena rumah pompa tidak seperti *wet pit* yang dibangun di tengah jalan sehingga harus disediakan lahan khusus untuk membangunnya;
- (2) terletak di daerah yang tanahnya kedap air, bebas banjir, bebas longsor, dan bukan patahan;
- (3) mempunyai sarana penghubung/aksesnya memadai untuk transportasi/kendaraan dan peralatan; dan
- (4) perlu dilakukan pemagaran sekeliling lokasi.

(b) Ketentuan teknis

Pembangunan rumah pompa (*pumping station*) memenuhi ketentuan teknis sebagai berikut:

- (1) ada gambar perencanaan/*shop drawing*;

- (2) tersedia ruang kerja dan gudang material;
- (3) pondasi menggunakan tiang pancang (*bore pile*) atau pelat telapak (*foot plate*);
- (4) struktur dinding dan lantai bangunan bawah dari beton bertulang;
- (5) struktur bangunan atas dari beton bertulang atau baja;
- (6) pekerjaan dinding bangunan atas dari pasangan;
- (7) pekerjaan penutup lantai bangunan atas dari semen atau tegel/keramik;
- (8) pekerjaan atap dari rangka baja, kayu atau beton bertulang; dan
- (9) pekerjaan *finishing* untuk *interior* dan *exterior*.

(c) Persiapan awal

Lakukan persiapan pekerjaan berikut:

- (1) survei dan penyiapan lokasi;
- (2) topografi survei dan penentuan titik elevasi;
- (3) lakukan pembersihan lokasi sesuai perencanaan;
- (4) ratakan tanah dengan menguruk dan/atau menggali kemudian dipadatkan;
- (5) penyiapan peralatan dan alat bantu yang dibutuhkan; dan
- (6) penyiapan bahan yang dibutuhkan.

(d) Pelaksanaan konstruksi

- (1) Pekerjaan galian dan pondasi
 - a. Tentukan posisi dari bangunan rumah pompa sesuai dengan gambar pelaksanaan/ *shop drawing*.
 - b. Tentukan posisi titik pondasi sesuai gambar pelaksanaan.
 - c. Metode pelaksanaan pekerjaan pondasi sesuai dengan jenis pondasi yang digunakan.

- d. Pekerjaan galian dilakukan dengan alat berat atau manual sesuai dengan kedalaman galian.
- e. Dinding galian diamankan dengan turap yang mampu menahan tekanan tanah dan mencegah air tanah masuk ke dalam galian. *Dewatering* untuk mengeluarkan atau memompa genangan air dari tempat galian.

(2) Pekerjaan struktur

Untuk pekerjaan struktur bangunan bawah (lantai dan dinding) dan struktur bangunan atas (kolom, balok dan pelat lantai/atap) menggunakan beton bertulang sesuai dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang.

(3) Pekerjaan dinding bangunan atas

- a. Material dinding dapat terbuat dari pasangan batu bata sesuai ukuran yang disetujui, mortar 1 pc : 4 ps secara umum, kecuali dinding kamar mandi mortar 1 pc : 3 ps atau dinding menggunakan material dari kayu dengan memperhatikan rangka dinding, sambungan antara dinding kayu dan perkuatan menggunakan paku atau baut.
- b. Pemasangan kolom praktis dan pertemuan dinding dengan beton bertulang minimal K225.
- c. Plesteran umumnya menggunakan mortar 1 pc : 5 ps atau ditentukan lain.
- d. Pemasangan kusen/jendela dan daun pintu/jendela.

(4) Pekerjaan atap

- a. Material dapat terbuat dari kayu, baja/baja ringan dan beton bertulang.

- b. Struktur baja yang digunakan sesuai dengan ketentuan pada Persyaratan Struktur Baja.
- c. Struktur kayu, kayu yang digunakan harus sesuai dengan peraturan yang berlaku (SNI 03-2445-1991) dan Persyaratan Struktur Kayu
- d. Pemasangan penutup atap sesuai gambar rencana.

(5) Pekerjaan *finishing*

- a. Untuk lantai *workshop*/gudang dapat menggunakan lapisan *floor hardener*, sedangkan yang lainnya menggunakan material tegel/keramik dengan warna dan ukuran yang disetujui.
- b. Plafon dapat menggunakan *gypsum*, *plywood*, anyaman bambu, dan lain-lain.
- c. Pemasangan daun pintu dan jendela.
- d. Pengecatan untuk *interior dan exterior*, warna dan material sesuai dengan spesifikasi.
- e. Pembersihan akhir.

d) Material Pipa Dan Perlengkapannya

1) Umum

Material pipa dan perlengkapannya harus sesuai dengan standar dan ketentuan peraturan perundang-undangan.

(a) Pipa baja (*steel pipe*)

- (1) Pipa baja kelas medium sesuai dengan standar BS 1387-67.
- (2) Fabrikasi pipa baja harus sesuai dengan AWWA C 200 atau SNI-07-0822-1989 atau SII 2527-90 atau JIS G 3452 dan JIS G 3457.
- (3) Desain pipa dan instalasi sesuai dengan AWWA Manual M11 (*Steel Pipe Design and Installation*).
- (4) Dimensi fitting pipa baja sesuai dengan AWWA C 208 (*Dimensions for Steel Water Pipe Fittings*).

- (5) Ketebalan dinding minimum dan diameter luar dinding fitting harus sesuai standar berikut ini:
 - a. *fitting* dengan diameter 125 mm atau lebih kecil menggunakan standar JIS B 2311;
 - b. *fitting* dengan diameter 150 mm atau lebih besar menggunakan standar JIS B 2311 (sampai dengan 500 mm) dan JIS G 3451 atau AWWA C 208; dan
 - c. dimensi pipa *flens* mengikuti SNI 07-2195-1991 tentang permukaan pipa flens, dimensi, dan SNI 07-2196-1991 tentang Flensa pipa, toleransi dimensi.
 - (6) Pelapisan epoksi cair sesuai SNI 07-6398-2000 tentang tata cara pelapisan epoksi cair untuk bagian dalam dan luar pada pelapisan cair dari baja.
 - (7) Penyambungan pipa baja sesuai SNI 07-3360-1994 tentang penyambung pipa baja dan baja paduan dengan las tumpu.
 - (8) Pelaksanaan pengetesan yang harus dilakukan sesuai dengan standar.
- (b) Pipa PVC
- (1) Standar Tata Cara Pengadaan dan Pengujian Pipa PVC sesuai dengan RSNI T-16-2004 Tata Cara Pengadaan dan Pengujian Pipa PVC untuk Air Limbah di dalam Bangunan Gedung.
 - (2) SNI 06-0162-1987 Pipa PVC untuk Saluran Air Buangan di Dalam dan di Luar Bangunan.
 - (3) Pipa PVC yang berada di atas tanah/ekspose menggunakan kelas AW PN 10 kg/cm² sesuai JIS standar K 6741/K 6742.
 - (4) *Fitting* sambungan untuk pipa PVC harus sesuai dengan standar SNI-06-0178-1987 tentang Sambungan Pipa PVC untuk Saluran Air Buangan di Dalam dan di Luar Bangunan, dan apabila tidak disebutkan dalam Volume Pekerjaan (*Bill of Quantity*) maka sistem

sambungan menggunakan sistem *rubber ring joint*.

- (5) Ulir *valve* harus sesuai dengan ISO 7/1 *Pipe threads where pressure tight joint are made in the thread*.
 - (6) Seluruh katup udara (*air valve*) sesuai dengan standar *flange* JIS-B2213.
 - (7) Badan katup dan *flange* terbuat dari *cast iron* dan mengikuti *Specification for Grey Iron Casting for Valves, Flanges and Pipe Fittings* kelas B (ASTM Designation A 126) atau *ductile iron* (ASTM 536). *Flange* harus mengikuti standar JIS-B 2213.
 - (8) *Gate valve* perunggu harus didesain dan dibuat sesuai dengan JIS B 2011 atau ketentuan lain yang disetujui.
- (c) *Pipa Poly Ethylene (PE)*
- (1) *Pipa Poly Ethylene (PE)* sesuai dengan SNI 06-4829-2005 tentang Pipa Polietilena Untuk Air Minum dan semua *flange* sesuai dengan JIS standar (Pipa PE termasuk *High Density Poly Ethylene/HDPE*)
 - (2) Spesifikasi pipa PE sesuai ISO 4427:1996 (*Polyethylene pipes for water supply specifications*).
 - (3) Pelaksanaan pengetesan sesuai dengan standar.
- (d) *Pipa beton bertulang(reinforced concrete pipe)*
- (1) Pipa beton bertulang pada umumnya didesain dan dipabrikasi berdasarkan Standard Australia AS 4058-1992 untuk pipa beton pracetak bertekanan dan tidak bertekanan.
 - (2) Dapat juga dirancang menurut JIS A 5332-1980, BS 5991-100 1986, ASTM C 76-1984 dan AASHTO M170-1985.
 - (3) Material *aggregate* dengan maksimum ukuran 15 mm sesuai dengan BS 1047.

- (4) Semen yang digunakan jenis semen tahan terhadap asam/*sulfate resisting* sesuai dengan SII-0013-84.
- (5) Penggunaan semen tidak boleh kurang dari 400 kg/m³ setara dengan K 350.
- (6) Untuk pipa *jacking* mutu beton minimum K 400, dan toleransi dimensi sesuai dengan ASTM C 76 M.
- (7) Besi beton bertulang yang digunakan jenis *drawn deformed* minimal dengan kuat tarik 4500 kg/cm² dan tegangan leleh 5000 kg/cm².

(e) Pipa *Glassfiber Reinforced Plastic* (GRP)

Pipa GRP dapat digunakan untuk pasokan air, limbah, penggunaan pertanian, keperluan industri, pembangkit listrik, dan lain-lain. Pipa GRP sangat baik untuk mengatasi korosi yang berhubungan langsung dengan air laut atau bahan kimia. Jenis pipa dan metode pipa GRP diklasifikasikan ke dalam pipa bertekanan dan non tekanan dimensi pipa dan tekanan pipa diklasifikasikan PN16/PN10/PN6 tergantung pada tekanan biasa dan pipa non tekanan, diklasifikasikan menjadi SN10000 dan SN20000 tergantung pada nominal kekakuan dan karakteristik dan metode indikasi berdasarkan jenis pipa yaitu Kelas *pressure pipe* untuk *nominal pressure* (PN)1 (PN16 SN10000, PN10 SN10000 dan PN6 SN10000) dan *nominal stiffness* (SN)2 (SN10000) sedangkan kelas *Non-pressure pipe* untuk *nominal pressure* (PN1) dan *nominal stiffness* (SN10000 dan SN20000).

Diameter pipa GRP terdiri dari pipa bertekanan dan tidak bertekanan tekanan yaitu Kecil DN 150-500, Menengah DN 600-1800 dan Besar DN 2000-2400.

Sambungan pipa GRP (*bonding type*) menggunakan jenis *sealing rubber* dan *stopper rubber*.

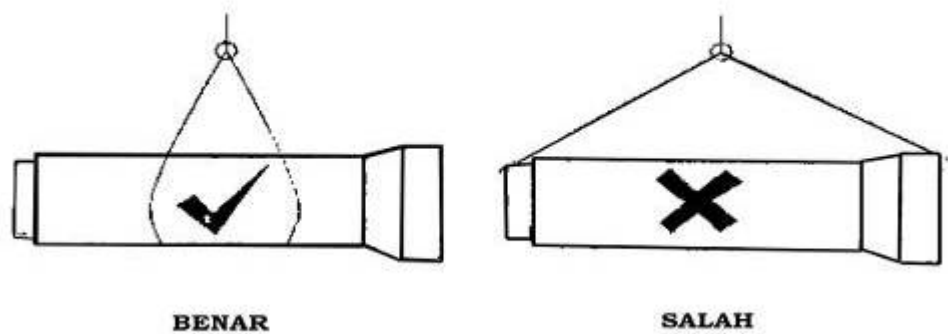
2) Pengecekan material pipa dan perlengkapannya

Seluruh material pipa sebelum dikirim ke lokasi pekerjaan dilakukan pemeriksaan dan pengetesan di pabrik pembuatnya (*factory inspection*) untuk memastikan bahwa semua produk pipa sesuai dengan standar.

Pelaksanaan pengetesan sesuai dengan standar dan produk pipa seperti sebagai berikut:

- (a) Pengetesan terhadap pipa beton yang harus dilakukan yaitu pengetesan beban (*load test*), tes hidrostatik, tes penyerapan (*absorption test*), dan tes sambungan (*joint test*).
 - (b) Pengetesan terhadap pipa PVC yang perlu dilakukan yaitu uji kekuatan tarik (*tensile strength*), uji ketahanan bentuk terhadap tekanan (*pressure resistance property*), uji kerataan bentuk (*flatness property*), uji ketahanan terhadap zat kimia (*chemical corrosion resistance*), uji *property vicat softening temperature* dan pengecekan ukuran atau dimensi (*size/dimension*).
 - (c) Pengujian lainnya yang dipersyaratkan seperti pengecekan terhadap *coating* dan *linings* terhadap pipa baja/*steel*.
- 3) Tata cara pengangkatan dan penumpukan pipa dan *manhole*
- (a) Pengangkatan
 - (1) Pengangkatan (*loading/unloading*) dapat menggunakan alat *Forklift*, *Crane* dan *Excavator*
 - (2) Pengangkatan pipa dengan alat *forklift*, dengan cara memasukan garpu *forklift* secara penuh kedalam lubang pipa. Pengangkatan direkomendasikan untuk dilakukan satu persatu, hindarkan mengangkat pipa 2 sekaligus kecuali pipa ukuran kecil dan jalannya rata.
 - (3) Pengangkatan menggunakan *Crane* atau *Back Hoe* dilakukan dengan mengikat pipa dengan tali sling yang dilingkarkan pada badan pipa.

Tidak dibenarkan mengikat tali sling dari ujungnya.



Gambar 57 Cara Pengangkatan Pipa

- (b) Penumpukan/pemuatan pipa beton
- (1) Penumpukan pipa beton direkomendasikan dalam 4 lapis, dan pada saat pemuatan di truk, 2 atau 3 lapis dengan batasan beban maksimum yang direncanakan.
 - (2) Jumlah teoritis maksimum penumpukan/lapis untuk setiap ukuran pipa standar
 - (3) Penumpukan dilakukan dengan cara menyusun pipa berjejeran dan posisinya searah dan selang-seling, 1 baris *socket* di depan dan 1 baris berikutnya *spigot* di depan, demikian seterusnya.
 - (4) Lokasi antar grup hendaknya diberi jarak yang cukup sehingga tidak mengganggu manuver *forklift*.

Pipa dengan $\varnothing < 700$ mm *forklift* dapat mengangkat 2 pipa sekaligus. Sedangkan pipa dengan pipa $\varnothing > 700$ mm pengangkatan harus satu persatu.

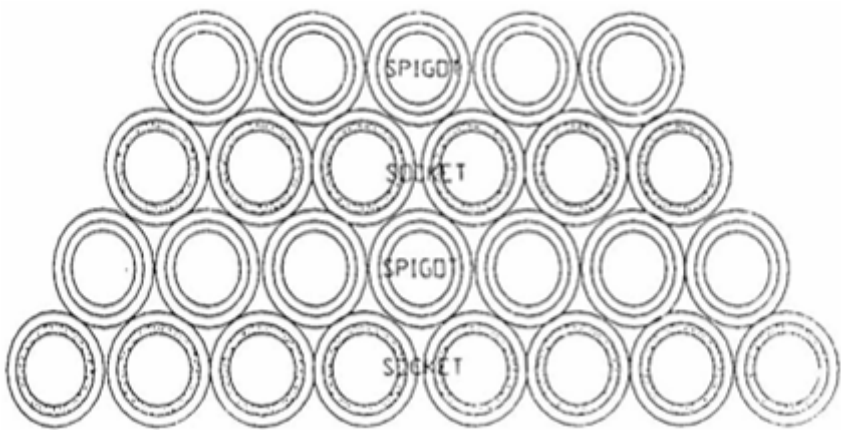
Tabel 7 Jumlah teoritis maksimum penumpukan lapis untuk setiap ukuran pipa

Diameter (mm)	Maks Penumpukan	Diameter (mm)	Maks Penumpukan
200	16	1200	2 CL / 3 FJ
300	13 CL/12 FJ	1300	2 CL / 2 FJ
400	9 CL / 8 FJ	1400	2 CL / 2 FJ
500	6 CL / 5 FJ	1500	2 CL / 4 FJ
600	5 CL / 5 FJ	1600	2 CL
700	5 CL / 5 FJ	1700	2 CL / 2 FJ
800	4 CL / 4 FJ	1800	2 CL / FJ
900	3 CL / 4 FJ	2000	2 CL
1000	3 CL / 4 FJ	2100	2 CL / 2 FJ
1100	2 CL / 3 FJ		

Catatan :

CL = jenis pipa untuk air limbah

FJ = jenis pipa untuk drainase



Gambar 58 Cara Penumpukkan Pipa Yang Benar

- (c) Tata cara pengangkutan *manhole*
 - (1) Komponen *manhole* dapat disusun seperti kondisi sudah terpasang berturut-turut dari bawah ke atas *shaft*, *converter slab*, *make up ring* dan *surround & cover*.
 - (2) Komponen *manhole* dapat ditumpuk berdasarkan jenis komponennya.
 - (3) Secara umum tinggi tumpukan yang diizinkan tidak lebih dari 3 meter.
- 4) Tata cara penanganan *rubber ring* dan produk lain
 - (a) *Rubber ring*

Selama pengangkutan dan penyimpanan *rubber ring* tidak terkena sinar matahari.

 - (1) *Rubber ring* dapat ditempatkan di dalam kardus atau karung dan ditempatkan di dalam gudang yang beratap.
 - (2) Temperatur tempat penyimpanan tidak melebihi 35⁰ C. Temperatur tinggi menyebabkan *rubber ring* menjadi lembap atau kaku.
 - (3) Tidak terkontaminasi dengan bahan seperti oli, minyak dan sejenisnya.
 - (4) Dijauhkan dari sumber listrik, seperti motor listrik, pengelasan dan peralatan yang menimbulkan listrik.
 - (b) Produk lainnya
 - (1) Untuk produk selain disebut di atas, penumpukan dilakukan lebih sederhana, secara umum produk diletakan sebagaimana waktu dipasang.
 - (2) Penempatan yang rapi dan hemat tempat, dengan memperhatikan kondisi struktur produk tersebut agar terhindar dari kerusakan selama *stocking*. Apabila perlu, dapat diberi

pengaman seperti tali yang diklem atau *packing* dari kayu.

- (3) Untuk produk yang perlu penanganan khusus seperti *precast* panel, secara pengangkatan harus sesuai dengan rekomendasi dari pengawas teknik atau personil yang terlibat dalam *design*.

5) Sambungan pipa

(a) Umum

Karakteristik produk dari material dapat mengakomodasi pergerakan secara arah vertikal dan horizontal dan mampu menahan tekanan air sebesar 0,9 bar selama minimal 1 jam pada saat melakukan pegetesan sambungan pipa di pabrik pembuatan pipa.

(b) Jenis dan tipe sambungan pipa

Sambungan pipa yang dipakai terbuat dari suatu sambungan yang fleksibel sesuai dengan referensi standar produk seperti:

- (1) *gasket pipe joint*;
- (2) *bituminous pipe joints*;
- (3) *cement mortar pipe joint*;
- (4) *elastometric sealing compound pipe joints*;
- (5) *solvent cement pipe joints*;
- (6) *heat fusion pipe joints*;
- (7) *mastic pipe joints*; dan/atau
- (8) *sealing band joints*.

(c) Sambungan

- (1) Untuk pipa yang menggunakan *spigot* dan *socket* (*spigot* dan *bell*) pada saat penyambungan dilengkapi dengan penahan *rubber ring* dari tipe *skid* sesuai dengan AS 1646. Sedangkan pipa PVC menggunakan tipe *rubber gasket* atau *solvent cement*.
- (2) Untuk sambungan komponen *manhole* menggunakan tipe *rubber wedge* atau *butyl mastic sealent tape* sesuai dengan BS 2494.

- (3) Untuk sambungan pipa dengan *manhole* menggunakan mortar dari campuran semen dan pasir dan memenuhi persyaratan ASTM C33 sehingga menghasilkan mortar yang mudah dilaksanakan.

3. Tata cara pelaksanaan konstruksi Sub-sistem Pengolahan Terpusat

Sub-sistem Pengolahan Terpusat berfungsi untuk mengolah sistem pembuangan air limbah domestik yang masuk ke dalam IPALD. Sub-sistem Pengolahan Terpusat terdiri dari unit pengolahan fisik, unit pengolahan biologis, dan unit pengolahan lumpur.

a) Unit pengolahan fisik

Dalam pengolahan air limbah domestik secara fisik terdapat beberapa tahapan seperti menyaring, sedimentasi, pengapungan sehingga Sub-sistem Pengolahan Terpusat fisik dapat berupa:

1) Saringan sampah (*screen*)

Saringan sampah (*screen*) berfungsi untuk memisahkan zat padat kasar atau yang berukuran besar (seperti plastik, kertas, dedaunan, dan lain-lain) dari air limbah. Saringan sampah terbuat dari baja anti karat (*stainless steel*), berbentuk batangan dan disusun sejajar yang diperkuat dengan pengaku (*bar screen*).

Saringan sampah dipasang pada bagian inlet sumur pengumpul dengan tahapan sebagai berikut:

- (a) Pembuatan rumah/dudukan saringan pada dinding bangunan inlet, dibuat dari baja *U-Canal* anti karat diperkuat dengan jangkar.
- (b) Pemasangan *bar screen* dilengkapi dengan pemasangan katrol (*gantry* dan derek). Pemasangan saringan sampah dibuat dengan kemiringan 45-85 derajat terhadap horisontal.
- (c) Pastikan saringan dapat diangkat dan dipasang kembali.

2) Sumur pengumpul

Fungsi sumur pengumpul untuk menampung air limbah dari saluran air limbah (*intercepting sewer*) yang kedalamannya berada di bawah permukaan IPALD. Sumur pengumpul dilengkapi dengan pompa yang berfungsi untuk memompakan air limbah domestik ke IPALD.

Bangunan sumur pengumpul dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- (a) Persiapan pekerjaan sumur pengumpul meliputi pengamanan area kerja dengan pemasangan pagar pengaman dan kelengkapan peralatan, material, alat bantu dan tenaga kerja.
 - (b) Melakukan penggalian secara bertahap dengan memperhatikan kondisi tanah galian.
 - (c) Pemasangan dinding penahan tanah untuk menghindari longsoran.
 - (d) Siapkan *dewatering* untuk mengantisipasi genangan air tanah.
 - (e) Sebelum pekerjaan struktur dimulai, dilakukan pengecekan elevasi galian dan lebar galian.
 - (f) Pekerjaan struktur terdiri dari pekerjaan *bekisting*, pembesian dan pengecoran, dan pelaksanaan sesuai dengan gambar kerja. Material beton sesuai dengan mutu beton yang disyaratkan dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang.
 - (g) Penimbunan kembali disekeliling bangunan dan dipadatkan.
- 3) Bak penangkap pasir (*grit chamber*)

Bak penangkap pasir ini diperlukan untuk memisahkan kandungan pasir dari aliran air limbah domestik, sehingga pada tahap berikutnya bahan/material lain di dalam aliran tersebut akan diproses dengan pengolahan biologis.

Bangunan bak penangkap pasir dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- (a) Persiapan pekerjaan sumur pengumpul meliputi pengamanan area kerja dengan pemasangan pagar

pengaman dan kelengkapan peralatan, material, alat bantu dan tenaga kerja.

- (b) Melakukan penggalian secara bertahap dengan memperhatikan kondisi tanah galian.
- (c) Pemasangan dinding penahan tanah untuk menghindari longsoran.
- (d) Siapkan *dewatering* untuk mengantisipasi genangan air tanah.
- (e) Sebelum pekerjaan struktur di mulai, dilakukan pengecekan elevasi galian dan lebar galian.
- (f) Pekerjaan struktur terdiri dari pekerjaan *bekisting*, pembesian dan pengecoran, dan pelaksanaan sesuai dengan gambar kerja. Material beton sesuai dengan mutu beton yang disyaratkan dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang.
- (g) Penimbunan kembali disekeliling bangunan dan dipadatkan.

4) Bak Pengendapan I (*Primary Sedimentation*) dan Bak Pengendapan II (*Clarifier*)

Bak Pengendapan I berfungsi untuk mengendapkan partikel *discrete*, terdiri dari *horizontal flow* (aliran horizontal), *radial flow* yaitu bak sirkular, air mengalir dari tengah menuju pinggir, dan *upword flow* yaitu aliran dari bawah ke atas dan biasanya bak dalam bentuk kerucut menghadap ke atas. Sedangkan Bak Pengendapan II merupakan tempat terjadinya pemisahan pengendapan material *flocculant* (hasil proses flokulasi atau proses sintesa oleh bakteri).

Bak Pengendapan I dan Bak Pengendapan II dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- (a) Lakukan persiapan pekerjaan seperti pematangan lokasi, penyiapan alat, penyiapan bahan, dan dilanjutkan dengan pengukuran dan pematokan.
- (b) Dilakukan penggalian yang kedalaman serta luasan dari masing-masing bangunan sesuai dengan *shop drawing*.
- (c) *Dewatering* untuk muka air tanah tinggi.

- (d) Pemadatan dasar Bak Pengendapan I dan Bak Pengendapan II.
 - (e) Pembuatan struktur untuk dinding dan lantai dasar bak dengan konstruksi beton bertulang sesuai dengan ketentuan pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang.
 - (f) Pemasangan sistem perpipaan *outlet/inlet* dan pembuatan pelimpah setiap bak dan pastikan ketinggian/elevasi sesuai *shop drawing*.
 - (g) Penimbunan dan pemadatan bekas galian di sekitar bangunan.
 - (h) Pembersihan dan pembuangan sisa galian.
- b) Unit pengolahan biologis dan pengolahan lumpur
- Sistem pengolahan ini terdiri dari instalasi pengolahan air limbah dari pabrikan (Sistem Paket), instalasi pengolahan air limbah sistem kolam dan bak pengolahan lumpur.
- 1) Komponen pengolahan biologis terdiri dari:
- (a) Kolam aerasi (*aerated lagoon*)
Dinding kolam aerasi dapat dibuat dari konstruksi beton bertulang atau pasangan batu kali sedangkan dasar kolam diberi lapisan *lining* sesuai dengan jenis tanah. Kolam aerasi dilengkapi dengan aerator.
 - (b) Kolam lumpur aktif (*activated sludge*)
Kolam lumpur aktif dibuat dari konstruksi beton bertulang, dilengkapi dengan *aerator*/pompa.
 - (c) Sistem parit oksidasi (*oxidation ditch*).
Bangunan ini dibuat dari konstruksi beton bertulang dan dilengkapi dengan aerator.
 - (d) Kolam stabilisasi
Kolam stabilisasi terdiri dari kolam fakultatif, kolam anaerobik dan kolam maturasi. Kolam fakultatif dan kolam anaerobik terbuat dari beton bertulang, sedangkan dinding kolam maturasi terbuat dari beton bertulang atau pasangan batu kali dan dasar kolam dapat menggunakan lapisan *lining*.
 - (e) *Rotating Biological Contactor* (RBC)

Struktur bangunan pengolahan ini terbuat dari konstruksi beton bertulang, dilengkapi dengan piringan media sebagai pengaduk untuk memberi suplai oksigen pada air limbah domestik.

(f) Biofilter

Tangki biofilter terbuat dari beton bertulang atau *fiber glass* (pabrikan). Unit ini dilengkapi dengan kerikil sebagai media filternya.

(g) Anaerobik filter

Pengolahan ini dapat terbuat dari beton bertulang, baja atau *fiber glass* (pabrikan). Unit ini dilengkapi dengan filter media berupa kerikil atau bola plastik. Pondasi bangunan dapat terbuat dari beton bertulang atau pasangan batu kali.

(h) *Upflow Anaerobic Sludge Blanked* (UASB)

Struktur bangunan ini menggunakan beton bertulang atau baja/*fiber glass* (pabrikan).

(i) Kolam anaerobik

Struktur bangunan ini menggunakan beton bertulang.

(j) *Anaerobik Baffled Reactor* (ABR) dan *Membrane Bio Reactor* (MBR)

Struktur bangunan ini menggunakan beton bertulang atau *fiber glass* (pabrikan)

2) Komponen pengolahan lumpur terdiri dari:

(a) *Thickening*, bangunan ini terbuat dari beton bertulang

(b) Stabilisasi lumpur (*sludge digister*), bangunan ini dapat terbuat dari beton bertulang atau barang pabrikan.

(c) Pengeringan lumpur (*dewatering*)

Unit ini terdiri dari *vacuum filter*, *filter press* dan *belt filter* yang merupakan barang pabrikan. Sedangkan *sludge drying bed* terbuat dari beton bertulang atau pasangan bata pada dinding

3) Umum

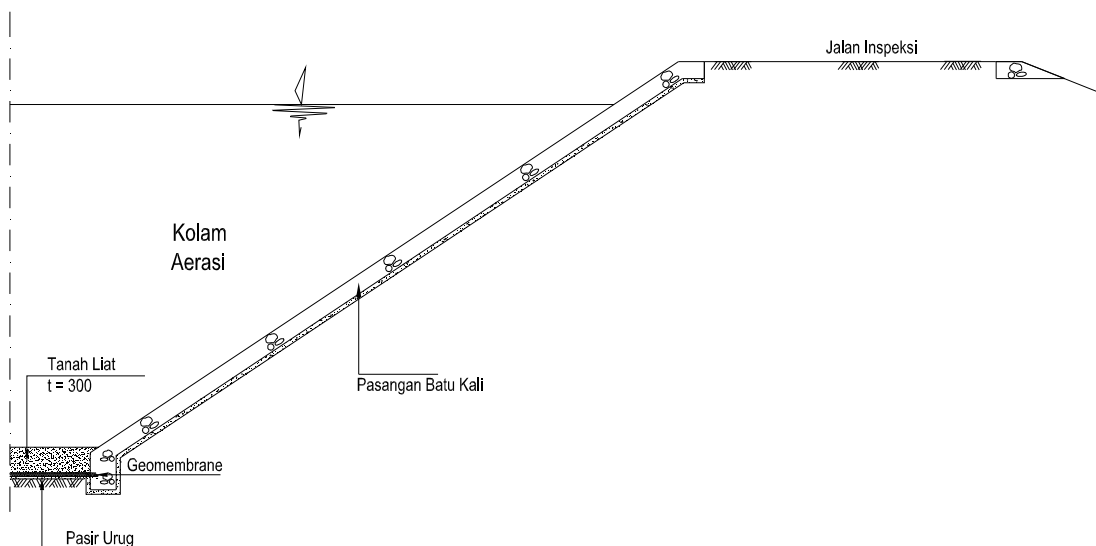
(a) Tersedia lahan untuk bangunan IPALD.

- (b) Merupakan daerah yang bebas banjir, bebas longsor dan bukan patahan.
 - (c) Terletak pada daerah yang dekat dengan badan penerima air limbah.
 - (d) Terletak pada lahan terbuka dengan intensitas penyinaran matahari yang cukup.
 - (e) Mempunyai sarana jalan penghubung dari dan kelokasi pengolahan air limbah.
 - (f) Surat rekomendasi penggunaan lahan dari instansi yang berwenang.
 - (g) Bukan merupakan tanah yang produktif dan jauh dari permukiman.
 - (h) Dilakukan pemagaran sekeliling lokasi.
- 4) Ketentuan teknis
- (a) Harus ada gambar perencanaan dan *shop drawing*.
 - (b) Tersedia tempat kerja dan gudang.
 - (c) Tersedia tenaga listrik dan air untuk keperluan konstruksi.
 - (d) Spesikasi dari pabrik untuk pemasangan produk pabrikan.
 - (e) Memiliki sertifikat dari lembaga inspeksi untuk barang pabrikan.
 - (f) Perlu dilakukan uji coba setelah konstruksi selesai.
- 5) Persiapan
- (a) Lakukan pembersihan lokasi sesuai perencanaan.
 - (b) Ratakan tanah dengan menguruk dan atau menggali dan padatkan.
 - (c) Penyiapan peralatan/alat bantu yang dibutuhkan seperti:
 - (1) alat ukur (*water pass/theodolit*) dan perlengkapannya;
 - (2) peralatan angkut tanah/material yang memadai;
 - (3) alat berat untuk menggali dan memadatkan tanah sesuai peruntukan; dan/atau
 - (4) peralatan mekanik/elektrik serta peralatan penunjang lain yang diperlukan.

- (d) Penyiapan bahan seperti:
 - (1) tanah timbunan untuk pembuatan tanggul;
 - (2) material perpipaan dan aksesoris sesuai peruntukan; dan/atau
 - (3) material sipil dan bahan lainnya sesuai kebutuhan.
- (e) Pengukuran dan pematokan
 - (1) Buat satu titik tetap untuk acuan ketinggian/elevasi.
 - (2) Ukur dan tentukan elevasi tiap bangunan.
 - (3) Tentukan lokasi serta jarak antara bangunan.
 - (4) Pasang patok dan *bouwplank* pada tiap bangunan.
- 6) Pelaksanaan Konstruksi
 - (a) Pelaksanaan konstruksi sistem kolam dan bak pengolah lumpur
 - (1) Pekerjaan tanah
 - a. Dilakukan penggalian yang kedalaman serta luasan dari tiap bangunan Sub-sistem Pengolahan Terpusat sesuai dengan *shop drawing*.
 - b. Pembuatan tanggul di sekeliling bangunan Sub-sistem Pengolahan Terpusat dengan tinggi dan kemiringan disesuaikan dengan *shop drawing*.
 - c. *Dewatering* untuk muka air tanah tinggi.
 - d. Padatkan dasar kolam sehingga koefisien permeabilitas $\leq 10^{-7}$ m/dt, jika tidak maka dasar kolam harus diberi lapisan/*lining*.
 - (2) Pekerjaan struktur
 - a. Pembuatan struktur untuk dinding tanggul menggunakan beton bertulang atau pasangan batu kali dan lantai dasar kolam menggunakan beton bertulang dan/atau diberi lapisan kedap air.

- b. Pekerjaan struktur *sludge drying bed* menggunakan beton bertulang atau pasangan bata kedap air.
 - c. Pemasangan pipa *inlet/outlet* dan pintu penghubung antara kolam serta pemasangan saringan.
 - d. Pembuatan pelimpah tiap kolam dan pastikan ketinggian/elevasi sesuai gambar.
- (3) Pekerjaan beton bertulang dengan ketentuan seperti dalam pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang
- a. Untuk dinding kolam dari beton bertulang perlu dipasang dilatasi untuk menghindari retak menerus.
 - b. Material semen yang digunakan jenis semen Portland sesuai dengan SNI 15-2049-1994.
- (4) Pekerjaan pasangan batu kali dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Pekerjaan Pasangan Batu.
- (5) Pekerjaan dasar kolam
- Dasar kolam dilapisi/*lining* dengan *geomembrane* agar kolam tidak bocor. Persyaratan *geomembrane* yang digunakan yaitu:
- a. Memiliki berat minimal 4 kg/m² untuk mempunyai kemampuan menahan beban lapisan pelindung (urukan pasir) atau akibat pelepasan gas karena tanah mengandung material organik.
 - b. Memiliki kemampuan untuk menutup kerusakan akibat penetrasi batuan dengan diameter 5 cm.
 - c. Tidak mengalami kerusakan pada bagian tepinya karena proses pemasangan.

- d. Mudah dipasang dan tidak diperlukan tenaga kerja dengan spesifikasi khusus untuk memasangnya.
- e. Sebelum pemasangan *geomembrane*, tanah dasar kolam digali sesuai elevasi rencana dan dipadatkan.
- f. Diatas *geomembrane* diuruk tanah setebal 30 cm dan dipadatkan untuk menghindari udara terperangkap dibawah lapisan *geomembrane*.
- g. Pada kolam pengolahan terutama pada daerah dekat dengan laut dimungkinkan adanya pasang surut air laut dapat dipasang pipa evaporasi dilengkapi dengan parit pada dasar kolam sebelum pelaksanaan struktur kolam dikerjakan.



Gambar 59 Contoh Konstruksi Dinding Bangunan Kolam Pengolahan

Sedangkan untuk kolam pengolahan yang menggunakan struktur beton bertulang untuk dasar kolam dibuat sesuai dengan pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang.

- (6) Pekerjaan tanggul
 - a. Selain menggunakan beton bertulang, dinding kolam dapat dibuat dari urukan

tanah (*soil dike*) yang berfungsi sebagai jalan inspeksi/jalan operasional.

- b. Untuk tanah dengan daya dukung rendah (tanah rawa, gambut, mengembang) dapat dilakukan stabilisasi tanah dasar dengan menggunakan material *pipe vertical drain* (PVD) atau material lainnya.
 - c. Urukan tanah dilakukan tiap lapis setebal 30 cm dan dipadatkan dengan alat pemadat mekanis.
 - d. Tiap lapisan urukan dipadatkan sampai 95% dari kepadatan kering maksimum yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1742-1989.
 - e. Setelah ketinggian tanggul mencapai elevasi rencana, dilakukan perapihan tepi tanggul dan dibuat kemiringan sesuai gambar rencana.
 - f. Perkuatan tanggul pada sisi dalam dapat menggunakan pasangan batu atau beton bertulang.
 - g. Pelaksanaan pekerjaan pengerasan (pengaspalan dan/atau paving/beton) untuk jalan inspeksi.
- (7) Pembuatan parit terbuka untuk pengambilan sampel dan pengukuran debit
- Bangunan ini berupa parit terbuka pada jaringan pipa air limbah domestik yang letaknya sebelum IPALD. Bangunan ini berfungsi sebagai tempat pengambilan contoh air limbah domestik sebelum masuk ke bangunan pengolahan, juga dapat berfungsi sebagai pengukur debit air limbah domestik yang masuk ke IPALD.
- Ukuran/dimensi serta bentuknya disesuaikan dengan besarnya debit rencana yang akan masuk ke bangunan pengolahan. Struktur

bangunan ini dapat terbuat dari beton bertulang maupun dari batu kali, dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Persiapan pekerjaan pembuatan parit terbuka untuk pengambilan sampel dan pengukuran debit meliputi pengamanan area kerja dengan pemasangan pagar pengaman dan kelengkapan peralatan, material, alat bantu dan tenaga kerja.
 - b. Melakukan penggalian secara bertahap dengan memperhatikan kondisi tanah galian.
 - c. Sebelum pekerjaan struktur di mulai, dilakukan pengecekan elevasi galian dan lebar galian.
 - d. Pekerjaan struktur terdiri dari pekerjaan *bekisting*, pembesian dan pengecoran, dan pelaksanaan sesuai dengan gambar kerja. Material beton sesuai dengan mutu beton yang disyaratkan dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang.
 - e. Menggunakan batu kali dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Pekerjaan Pasangan Batu.
 - f. Perlu dipasang pengaman/*railing* untuk keamanan dalam melakukan pengecekan/pengambilan sampel.
- (b) Pelaksanaan konstruksi untuk barang pabrikan
- (1) Pekerjaan pondasi
 - a. Galian pondasi sesuai dengan gambar pelaksanaan/*shop drawing*.
 - b. Pasir uruk minimal 100 mm dan lantai kerja/beton non struktur.
 - c. Struktur pondasi dari beton bertulang dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Beton Bertulang.

- d. Menggunakan batu kali dengan ketentuan seperti pada Persyaratan Struktur Pekerjaan Pasangan Batu.
 - e. Pemasangan perpipaan.
- (2) Pemasangan produk pabrikan/paket
- Setelah umur beton dan atau pondasi batu kali cukup menahan beban yang dipastikan dengan hasil pengujian kuat tekan beton minimal tercapai 80%, produk pabrikan dipasang atau sesuai dengan persyaratan.
- Umumnya produk pabrikan memberikan spesifikasi teknis untuk diikuti pada saat pemasangan produk pabrikan tersebut antara lain:
- a. sebelum dipasang dipastikan bahwa dudukan barang pabrikan rata, bebas dari kotoran;
 - b. dilakukan pengecekan terhadap elevasi dan posisi sesuai dengan gambar;
 - c. penempatan dan pemasangan jangkar untuk menghindari terjadinya pergeseran;
 - d. penempatan bantalan berupa karet atau material yang disyaratkan untuk menghindari getaran selama produk pabrikan beroperasi; dan/atau
 - e. pemasangan produk pabrikan dan instalasi perpipaan.

E. UJI COBA SISTEM

1. Uji coba sistem Prasarana Sub-sistem SPALD-S

a) Sub-sistem Pengolahan Setempat

1) Uji coba sistem Cubluk Kembar

Cubluk kembar yang telah dibangun harus diuji coba untuk memantau hal-hal berikut ini:

- (a) aliran air dari toilet dapat tersalurkan menuju cubluk kembar;

- (b) pipa saluran air bersih dan air buangan dapat berkerja dengan baik tanpa ada kebocoran; dan
 - (c) kemampuan resapan air buangan di dalam cubluk.
- 2) Uji coba sistem Tangki Septik
- (a) Jika kedalaman air tanah lebih tinggi dari dasar tangki septik dan *upflow filter*.
 - (1) keringkan tangki dan biarkan tangki selama 12 jam; dan
 - (2) jika setelah 12 jam tangki terisi air maka artinya tangki bocor dan harus dilakukan perbaikan dengan dilapisi lapisan anti bocor (sika water proofing).
 - (b) Jika kedalaman air tanah lebih rendah dari dasar tangki septik dan *upflow filter*
 - (1) isi tangki dengan air sampai batas di bawah pipa *outlet*, beri tanda berupa garis pada batas muka airnya; dan
 - (2) biarkan selama 12 jam, jika ada penurunan muka air artinya tangki bocor dan harus dilakukan perbaikan dengan dilapisi lapisan anti bocor.
 - (c) Uji coba Aliran Dalam Pipa
 - (1) Buka tutup bak kontrol pada jalur pipa.
 - (2) Tuangkan air sebanyak 1 ember (10 liter) di titik saluran pembuangan dalam rumah (kamar mandi, WC, dan dapur).
 - (3) Perhatikan aliran air di bak kontrol sampai tangki septik.
 - (4) Jika aliran lancar dan jumlah air yang masuk keluar lagi berarti kemiringan pipa benar.
 - (5) Lakukan tes aliran juga dari tangki septik atau *upflow filter* sampai bidang resapan
 - (6) Jika aliran tidak lancar, perlahan, atau terhenti, berarti ada masalah pada sistem perpipaan, maka perlu dilakukan perbaikan.
- b) Sub-sistem Pengolahan Lumpur Tinja

Semua unit pengolahan baik yang merupakan produk pabrikan atau bukan produk pabrikan dilakukan pengujian terhadap kebocoran:

- 1) Pengujian unit pengolahan
 - (a) Tes Kebocoran
 - (1) Tiap unit pengolahan yang akan diperiksa diisi dengan air sampai setinggi outlet.
 - (2) Lakukan penutupan pada semua katup atau tempat keluar air.
 - (3) Diamkan selama 24 jam
 - (4) Periksa tinggi muka air pada outlet setelah 1 hari.
 - (5) Apabila terjadi penurunan maka perlu diperiksa dengan cara berikut:

$K = [S / (86400 \times A)] \times [L/h]$

Keterangan:

K = permeabilitas maksimum (m/detik)

S = tinggi air yang meresap ke dalam tanah (mm/hari)

A = luas dasar kolam (m²)

L = kedalaman lapisan tanah di bawah dasar unit pengelolaan hingga mencapai lapisan tanah yang lebih permeable (m)

h = tekanan hidrolik (kedalaman air di unit + L) (m)

Tabel 8 Jumlah Penanganan Kebocoran

Satuan	Hasil Perhitungan	Penanganan	Keterangan
m/detik	10 ⁻⁶	Harus diberi lapisan kedap air	Terjadi kebocoran
m/detik	10 ⁻⁷ < K < 10 ⁻⁶	Perlu perbaikan tanah	Dapat terjadi resapan air
m/detik	K < 10 ⁻⁸	Tidak perlu diberi lapisan kedap air	Resapan akan tersumbat secara alami
m/detik	K < 10 ⁻⁹	Tidak perlu diberi lapisan kedap air	Kedap air

(b) Letak Titik Kebocoran

- (1) Isi unit pengolahan dengan air setinggi 1/3 bagian dari kedalaman unit.
- (2) Periksa ketinggian air dalam unit setelah didiamkan selama 24 jam.
- (3) Apabila terjadi penurunan maka dapat dikatakan terjadi kebocoran pada dinding dan/atau lantai unit sesuai tabel di atas.
- (4) Kosongkan unit dari penguji dan periksa bagian yang lembap atau yang proses pengeringan lama

2) Tes hidrolis

Pada bangunan pengolahan dilakukan uji coba hidrolis untuk memastikan bahwa sistem pengaliran air limbah domestik dapat berfungsi dengan baik. Secara umum dapat dilakukan sebagai berikut:

- (a) Periksa saluran *inlet* dan *outlet*, pintu air limbah domestik, untuk memastikan tidak tersumbat oleh benda atau sampah.
- (b) Unit kolam/bak dipastikan telah terisi air sesuai level ketinggian atau hingga mencapai kedalaman operasi penuh
- (c) Pastikan air dapat mengalir melalui pintu-pintu dari bak/kolam ke bak/kolam pengolahan lainnya
- (d) Periksa limpahan air pada pelimpah dan apabila elevasinya tidak merata maka perlu penyesuaian ketinggian pelimpah

2. Uji Coba Sistem Prasarana Sub-sistem SPALD-T

a) Sub-sistem Pelayanan

- 1) Pengujian ditujukan terhadap kebocoran dan kemiringan pipa, dilakukan tidak lama setelah pemasangan pipa selesai.
- 2) Pengujian kemiringan pipa yaitu dengan melakukan penyiraman dari sumber pipa tinja dan non tinja dan dilakukan pengecekan di setiap bak kontrol pekarangan

(*private box*). Apabila alirannya lambat atau menggenang maka perlu diperiksa kembali elevasinya sesuai dengan yang tertera pada gambar kerja.

- 3) Kebocoran dapat di deteksi dengan ada atau tidak aliran air pada setiap bak kontrol. Sumber dari kebocoran tersebut harus ditemukan dan segera mungkin diperbaiki.

b) Sub-sistem Pengumpulan

1) Pipa tidak bertekanan

- (a) Pengujian ditujukan terhadap kebocoran dan kemiringan pipa serta dilakukan setelah pemasangan pipa selesai.
- (b) Cara menguji kemiringan pipa dengan melakukan penyiraman melalui *manhole* awal yang dicoba dan dilakukan pengecekan setiap *manhole*. Apabila alirannya lambat atau menggenang maka perlu di periksa kembali elevasinya sesuai dengan yang tertera pada gambar kerja.
- (c) Kebocoran dapat di lihat secara manual apakah ada atau tidak aliran air setiap *manhole*. Sumber dari kebocoran tersebut harus ditemukan dan segera mungkin diperbaiki.
- (d) Kebocoran juga dapat berakibat air limbah domestik keluar pipa dan menyebabkan pencemaran air tanah. Untuk pengetesan kebocoran dapat dilakukan dengan mengisi air ke dalam pipa pada jarak/panjang sesuai level tertinggi dan dihitung volumenya. Pengurangan volume air yang dimasukkan tidak lebih dari 10%.
- (e) Kebocoran lebih dari 10% dilakukan perbaikan, untuk pipa diameter besar dengan melakukan *grouting* dan pipa diameter kecil dengan penggantian pipa.

2) Pipa Bertekanan

- (a) Pengetesan dilakukan terhadap perpipaan bertekanan dengan hidrostatik *test*.
- (b) Pelaksanaan hidrostatik *test* dilaksanakan dengan

mengisi air ke dalam pipa dan selanjutnya ditekan dengan tekanan sesuai hasil perhitungan dan dilakukan evaluasi setiap 10 menit selama 1 jam.

- (c) Tidak diizinkan terjadi pengurangan sebesar 10% dari tekanan yang ada.
- (d) Pengurangan tekanan lebih dari 10% dapat dikatakan terjadi kebocoran selanjutnya harus dilakukan perbaikan.

c) Sub-sistem Pengolahan

Seluruh Sub-sistem Pengolahan baik yang merupakan produk pabrikan atau bukan produk pabrikan dilakukan pengujian terhadap kebocoran.

1) Pengujian Sub-sistem Pengolahan

(a) Tes Kebocoran

Besarnya Kebocoran

- (1) Tiap Sub-sistem Pengolahan yang akan diperiksa diisi dengan air setinggi outlet.
- (2) Lakukan penutupan pada semua katup atau tempat keluar air.
- (3) Diamkan selama 24 jam.
- (4) Periksa tinggi muka air pada outletnya setelah 1 hari.
- (5) Apabila terjadi penurunan maka perlu diperiksa dengan cara berikut:

$$K = [S / (86400 \times A)] \times [L/h]$$

Keterangan:

K = permeabilitas maksimum (m/detik)

S = tinggi air yang meresap ke dalam tanah (mm/hari)

A = luas dasar kolam (m²)

L = kedalaman lapisan tanah di bawah dasar unit pengelolaan hingga mencapai lapisan tanah yang lebih permeable (m)

h = tekanan hidrolik (kedalaman air di unit + L) (m)

Tabel 9 Penanganan Kebocoran

Hasil Perhitungan K	Satuan	Penanganan	Keterangan
10^{-6}	m/detik	Harus diberi lapisan kedap air	Terjadi kebocoran
$10^{-7} < K < 10^{-6}$	m/detik	Perlu perbaikan tanah	Dapat terjadi resapan air
$K < 10^{-8}$	m/detik	Tidak perlu diberi lapisan kedap air	Resapan akan tersumbat secara alami
$K < 10^{-9}$	m/detik	Tidak perlu diberi lapisan kedap air	Kedap air

Uji Letak Titik Kebocoran

- (1) Isi unit pengolahan dengan air setinggi 1/3 bagian dari kedalaman unit/kolam/bangunan
- (2) Periksa ketinggian air dalam unit setelah didiamkan selama 24 jam
- (3) Bila terjadi penurunan maka dapat dikatakan terjadi kebocoran pada dinding dan atau lantai unit sesuai tabel di atas
- (4) Kosongkan unit dari penguji dan periksa bagian yang lembap atau yang proses pengeringan lama
- (5) Lakukan perbaikan pada lokasi/tempat kebocoran tersebut
- (6) Dengan cara yang sama dilanjutkan untuk 2/3 bagian kolam/bangunan diatasnya.

(b) Tes hidrolis

Pada bangunan pengolahan dilakukan uji coba hidrolis untuk memastikan bahwa sistem pengaliran air limbah domestik dapat berfungsi dengan baik. Secara umum dapat dilakukan sebagai berikut:

- (1) Periksa saluran *inlet* dan *outlet*, pintu penghubung antar kolam dipastikan dalam keadaan terbuka tidak tersumbat oleh benda atau sampah.

- (2) Masukkan air melalui *inlet* bangunan awal secara terus menerus ke unit kolam/bak dan dipastikan telah terisi air sesuai level ketinggian atau hingga mencapai kedalaman operasi penuh
- (3) Pastikan air dapat mengalir dan terjadi limpahan dan menunjukkan aliran air mengalir secara gravitasi
- (4) Periksa ketinggian limpahan air pada masing-masing pelimpah bandingkan dengan ketinggian air rencana dan apabila ada perbedaan maka perlu penyesuaian ketinggian pelimpah.

(c) Pengujian Unit Pengolahan Air Limbah

Uji coba Kolam Fakultatif

Uji coba kolam fakultatif dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

- (1) Metode kultur
 - a. Isikan air tawar biasa ke dalam kolam sesuai ketinggian yang ditetapkan.
 - b. Tambahkan kultur algae sebagai bibit.
 - c. Jaga ketinggian permukaan air setiap hari dengan menambah air limbah baku secukupnya ke dalam kolam.
 - d. Setelah pertumbuhan alga cukup banyak (beberapa hari kemudian), sejumlah air limbah baku perlu ditambahkan ke dalam kolam hingga kedalaman operasi yang direncanakan.
 - e. Biarkan selama 2 – 3 hari tanpa adanya pengaliran efluen.
 - f. Kolam siap dioperasikan secara kontinue dengan mengalirkan air limbah baku secara terus menerus dan membuka outlet.
- (2) Metode Alami

- a. Isikan air limbah baku ke dalam kolam hingga mencapai kedalaman operasi penuh.
 - b. Biarkan selama 15 hari agar terjadi pembibitan secara alamiah.
 - c. Biarkan selama 15 hari lagi, atau hingga jumlah alga yang terdapat di dalam kolam sesuai dengan ketentuan.
 - d. Kolam siap dioperasikan secara kontinu.
- (d) Uji Coba Unit Parit Oksidasi
- (1) Uji Coba/Tahap Awal (*Start-Up*)
- a. *Start up* dalam kondisi kering (*Dry Check-Up*). Kegiatannya meliputi:
 - 1. Arah aliran pada setiap pipa ditandai dengan cat berbeda, misal untuk influen, efluen, lumpur dan sebagainya.
 - 2. Pemberian pelumas, dan tes setiap perlengkapan.
 - 3. Tangki dan perpipaan dibersihkan dari debu dan kotoran.
 - 4. *Light meter*, indikator dan *recorder* harus dalam keadaan siap dioperasikan.
 - 5. Dokumen berupa instruksi pabrik dan manual pemeliharaan harus sudah dibaca dan disiapkan di tempat khusus sebagai referensi.
 - 6. Kelengkapan *daily operating log* untuk mencatat data harian.
 - b. *Start up* dalam kondisi basah (*Wet Check-Up*). Kegiatannya meliputi:
 - 1. Isi tangki aerasi dengan air secara perlahan.
 - 2. Untuk *diffused air system*, suplai udara segera diberikan begitu aerator mulai terendam dan debit udara

ditingkatkan secara bertahap hingga tangki aerasi terisi penuh.

3. Untuk *surface aerator* akan dihidupkan apabila air di tangki aerasi sudah penuh.
4. Isi *final settling tank* hingga penuh, periksa limpahan air pada pelimpah dan apabila elevasinya tidak merata maka perlu penyesuaian ketinggian pelimpah.
5. Tes semua *drain, valve, gate* dan pompa *return sludge*.
6. Tangki aerasi diisi dengan air limbah dan secara estafet air yang ada akan diganti oleh air limbah sehingga aerator dapat mentransfer udara ke air limbah.

(e) Uji Coba Kolam Maturasi

Kolam maturasi dioperasikan bersamaan dengan pengoperasian kolam Fakultatif, sebelum mengoperasikan kolam Anaerobik. Maksudnya agar bau tidak timbul jika efluen dari kolam Anaerobik disalurkan ke kolam Fakultatif dan Maturasi.

- (1) Cek kedalaman kolam Maturasi, sudah sesuai dengan perencanaan, cek juga saluran *inlet* dan *outlet* dari sistem, apakah letaknya sudah sesuai dengan desain.
- (2) Isi kolam dengan air bersih, didapat dari air permukaan/air sungai, atau air tanah/air dari sumur. Isi penuh sesuai kapasitas desain.
- (3) Diamkan selama 3 sampai 4 minggu, tidak ada penambahan air baru. Penambahan dapat dilakukan jika muka air menurun, artinya terjadi kebocoran pada kolam.
- (4) Selama periode tersebut akan tumbuh populasi bakteri heterotropik dan alga yang diperlukan bagi pengolahan limbah domestik.

- (5) Jika tidak tersedia air bersih, dapat diisi dengan air limbah mentah sesuai kapasitas.
- (6) Diamkan dalam kurun waktu 3 sampai 4 minggu, tidak ada penambahan air baru. Penambahan dapat dilakukan jika muka air menurun, artinya terjadi kebocoran pada kolam.
- (7) Akan tumbuh populasi mikroorganisme pada masa *start up* tersebut, jika memakai air limbah asli, kemungkinan akan timbul bau pada periode tersebut.
- (8) Lakukan sampling dan analisa setiap minggu, cek kandungan organik dari influen dan efluen sehingga tahu bahwa kolam telah berfungsi sesuai kriteria desain, dan dapat dioperasikan secara normal.

3. Uji Coba Sistem Sarana Mekanikal dan Elektrikal SPALD-T

a) Pasokan Listrik

Pasokan listrik diperlukan dalam pengoperasian sistem pengaliran air limbah domestik yang diperoleh dari jaringan PLN, tetapi jika diperlukan dapat juga menggunakan unit genset/generator.

Seluruh instalasi sebelum dialiri daya listrik harus terlebih dahulu diadakan tes kebocoran (*megger test*) yang terdiri dari:

- 1) Pengujian tahanan isolasi instalasi listrik minimal 10 Mega Ohm didasarkan atas peraturan yang berlaku dimana pengujian tahanan isolasi dilakukan dengan menggunakan Megger 500 volt putaran tangan dengan kondisi semua titik lampu dan saklar harus dalam keadaan terbuka dan pengujian dilakukan setiap kali untuk setiap grup.
- 2) Pengujian tahanan tanah maksimal 5 Ohm dan dilaksanakan setelah penanaman pentanahan (*grounding*) dengan alat uji tahanan tanah elektronik.

Secara umum peralatan listrik standar yang selalu ada pada *box panel* berupa:

- 1) *No Fuse Breaker* (NFB):
 - (a) Untuk pembatas daya/beban listrik yang digunakan oleh sesuatu mesin.
 - (b) Sebagai pengaman jaringan jika terjadi hubungan arus pendek.
 - (c) Sebagai penghubung atau pemutus jaringan/tegangan listrik yang mempunyai kapasitas amper tinggi.
- 2) *Magnetic Circuit Breaker* (MCB):

MCB berfungsi sama dengan NFB namun MCB digunakan untuk kekuatan arus dengan amper yang kecil.
- 3) *Contactor*:
 - (a) Saklar yang bekerja berdasarkan magnet listrik
 - (b) Untuk mengaktifkan/bekerjanya magnet, kontaktor memerlukan tegangan listrik.
 - (c) Untuk mengaktifkan magnetnya hanya membutuhkan tegangan listrik ± 3 watt, dapat difungsikan sebagai otomatisasi untuk mengontrol alat/jaringan yang mempunyai tegangan sampai ribuan watt.
- 4) *Overloadthermis*:

Fungsinya untuk mengamankan beban listrik, terutama motor listrik agar tidak rusak/terbakar jika kelebihan beban/tidak kuat memutar alat yang digerakkan. *Overloadthermis* bekerja berdasarkan sensor panas.
- 5) Tombol tekan *on/off* (*Push Button*):
 - (a) Warna hijau: untuk mengaktifkan kontaktor, menghubungkan kontaktor dengan tegangan listrik agar aktif/bekerja.
 - (b) Warna merah: untuk memutuskan kontaktor dari aliran/jaringan tegangan listrik supaya mati (*off*)
- 6) Lampu indikator:
 - (a) Sebagai alat bantu visual yang dihubungkan ke *push button*, sehingga mudah dilihat apakah posisi pada *on* (lampu warna hijau) atau posisi pada *off* (lampu warna merah)

- (b) Pada indikator *power supply* dengan jaringan 3 *phasa*, lampu indikatornya ada 3 warna, yaitu merah, kuning, dan hijau. Sehingga jika *power supply* dihidupkan maka ketiga lampu tersebut akan menyala. Jika ada yang mati salah satu, artinya salah satu pasokan listrik dari aliran 3 *phasa* tersebut ada yang mati. Jangan mengaktifkan semua peralatan/mesin jika salah satu *phasa* mati.
- 7) Saklar geser:
Untuk memindahkan fungsi kerja, dari atau menuju ke otomatis dan manual.
- 8) Penghubung Kabel/Terminal
Penghubung kabel/terminal berfungsi untuk menghubungkan kabel- kabel.
- 9) Pembangkit tenaga dari PLN:
 - (a) periksa tegangan yang ada;
 - (b) periksa semua saklar pada posisi mati; dan
 - (c) pindahkan saklar utama pada posisi hidup.
- b) Genset
Sebelum mengoperasikan genset harus dipahami kondisi peralatan, termasuk harus mengerti mengoperasikan peralatan kontrol, operasi manual, dan fungsi dari setiap alarm yang ada. Peralatan akan aman jika dioperasikan dengan benar sesuai dengan petunjuk manufaktur, dengan ketentuan sebagai berikut:
 - 1) Sebelum menghidupkan generator dilakukan pengecekan terhadap:
 - (a) semua tombol *switch* dan kontrol posisinya benar;
 - (b) bahan bakar;
 - (c) tinggi muka oli mesin;
 - (d) tinggi muka air pendingin;
 - (e) pengisian batere/*battery charger* berfungsi dengan baik dan sambungan kabel benar;
 - (f) sambungan kelistrikan di generator serta sambungan ke alternator tersambung dengan benar;
 - (g) sambungan ke panel benar dan aman;
 - (h) *reset* proteksi di sirkuit panel;

- (i) periksa baut atau bagian yang kendur;
 - (j) periksa juga kekencangan dari sambungan terminal ke *pole battery/accu*.
- 2) Memasukkan dan mengubah kode akses
- Kontrol di generator sudah diatur oleh elektrik dari manufaktur, sebaiknya panggil perwakilan dari manufaktur jika diinginkan mengubah pengaturan yang ada untuk menghindari kesalahan *setting* yang berakibat fatal ke generator, seperti *manual mode*, *auto mode off mode* atau akses lainnya.
- 3) Selanjutnya generator dihidupkan dan dilakukan pemeriksaan sebagai berikut:
- (a) Periksa kebocoran dari selang bahan bakar maupun selang *return* dari *injector* ke tangki bahan bakar, air pendingin, dan oli mesin.
 - (b) Sistem pembuangan gas seperti knalpot/*muffler*, *breather* dari tangki bahan bakar.
 - (c) Sistem dari kelistrikan:
 - (1) Kestabilan frekuensi dari generator 50 Hz untuk 1500 RPM atau 60 Hz untuk 1800 RPM.
 - (2) Beda *phasa* R-S-T harus mendekati sama.
 - (3) *Ampere meter* harus terbaca nol saat tidak ada beban, saat dibebani maka pembacaan *ampere* R-S-T harus mendekati sama.
 - (4) Periksa lampu indikator.
 - (d) Pengecekan terhadap tekanan oli mesin yang rendah, tenaga dari mesin yang rendah, *abnormal temperature* dari air atau oli mesin, serta suara ketukan mesin dan getaran.
- c) Pompa
- Jenis pompa bermacam-macam, tergantung dari besarnya volume air yang dipindah serta tinggi perbedaan elevasinya (*head*).
- 1) Dilakukan pengecekan sebelum uji coba dengan ketentuan sebagai berikut:
- (a) Pada bak penampung (*wet well*) terdapat sensor/*float switch* yang berfungsi untuk mengatur

jalannya pompa sehingga dipastikan *float switch* tidak terganggu baik akibat sampah maupun tersangkut.

- (b) Cek volume air pada bak penampung (*wet well*) sesuai dengan *level float switch*.
- (c) Pastikan listrik sudah mengalir menuju ke *control panel* yang ditunjukkan dengan lampu indikator sudah menyala. Pada panel, voltase akan menunjukkan berapa voltase listrik yang masuk sesuai dengan *phase*. Apabila di bawah normal (3 phase 380~420) pompa tidak dapat beroperasi (terdapat *phase protection failure*) karena akan menyebabkan motor terbakar.
- (d) Pastikan *gauge suction* menunjukkan volume air sudah cukup untuk dipompa. Sebaiknya diperiksa juga secara visual apakah air yang ada di *wet well* sudah mencukupi.
- (e) Pastikan semua *gate valve* sudah terbuka dan pompa pertama kali dihidupkan, bukalah *release air valve* untuk mengeluarkan udara yang terjebak di pompa dan tutup kembali apabila air sudah keluar dari *release air valve* tersebut.
- (f) Pastikan air pendingin untuk *mechanical seal flushing* sudah mengalir dan dapat dilihat dari *valve* pembuang. Ditandai dengan air yang mengalir dari *valve* pembuang.
- (g) Selanjutnya pompa dapat dihidupkan secara otomatis dan manual.

(1) Operasi Otomatis

- a. Tombol pengoperasian untuk setiap pompa memiliki tombol *auto*, *manual*, dan *stop*.
- b. Pompa yang sudah dipilih pada posisi *auto* akan beroperasi secara otomatis dengan level air yang sudah ditentukan di *wet well* dengan alat *float switch/sensor*.

(2) Operasi Manual

- a. Tombol pengoperasian pompa yang ingin dioperasikan oleh operator, harus diposisikan *manual*, agar pompa tersebut dapat berkerja secara manual.
 - b. Jika tombol pengoperasian diposisikan *stop*, maka pompa akan mati.
 - c. Operasi pompa ini dihubungkan dengan sistem *alarm* baik pada pengoperasian secara otomatis maupun manual, sehingga jika pompa tidak berjalan sebagaimana mestinya, maka *alarm* akan memberikan sinyal agar operator dapat bertindak.
- (h) Pada saat pompa beroperasi dilakukan pemeriksaan terhadap:
- (1) *Gauge discharge* pompa sesuai dengan spesifikasinya.
 - (2) *Ampere meter* sesuai dengan spesifikasinya.
 - (3) Kebocoran pada pipa, aksesoris, dan sambungan.
 - (4) Setelah air habis (*low level*) pompa akan mati, *check valve* akan menutup dengan sendirinya.
 - (5) Indikator Trip, akan menyala jika pompa ada kendala seperti *overload*, tegangan/voltase terlalu tinggi, kehilangan fasa.
 - (6) Dalam sistem yang ada jika semua pompa diatur dalam *auto*, maka semua pompa akan *start* dalam selang waktu yang daitur *timer*, dan semua pompa akan beroperasi. Sebagai pengaturan awal dalam selang waktu 3 detik.
 - (7) Pada saat kondisi air di *wet well* di *level low* maka semua pompa akan *shut off*.
- d) Peralatan Instalasi Pengolahan Air Limbah dari Pabrik
- Pada instalasi ini, dilakukan pengujian dengan tahapan sebagai berikut:
- 1) Hidupkan listrik pada *control panel*.
 - 2) Periksa panel pengendali telah menyala.

- 3) Pastikan kolam pengolahan terisi air sampai penuh atau sesuai ketinggian yang ditetapkan.
- 4) Hidupkan peralatan dan pastikan peralatan beroperasi sesuai dengan spesifikasi.
- 5) Periksa *ampere meter*, indikator dan *recorder* harus dalam keadaan berfungsi.
- 6) Periksa semua sambungan pipa, *valve*, *gate valve*, dan perpipaan terhadap kebocoran.
- 7) Pastikan semua peralatan berfungsi normal sesuai dengan manual yang dikeluarkan pabrikan.

F. MANAJEMEN KONSTRUKSI

1. Lingkup Pengendalian

Pengendalian proyek konstruksi paling sedikit meliputi:

- a) membuat kerangka kerja;
- b) pengisian tenaga kerja termasuk penunjukan konsultan;
- c) menjamin bahwa semua informasi yang telah ada telah dikomunikasikan ke semua pihak terkait;
- d) adanya jaminan bahwa semua rencana yang dibuat dapat dilaksanakan;
- e) monitoring hasil pelaksanaan dan membandingkan dengan rencana; dan
- f) mengadakan langkah perbaikan pada saat yang paling awal.

2. Pengendalian Kualitas

Pekerjaan pelaksanaan konstruksi SPALD mulai dari pekerjaan tanah sampai pada konstruksi akan dikendalikan dengan pengawasan, arahan, bimbingan, dan instruksi yang diperlukan kepada kontraktor guna menjamin bahwa semua pekerjaan dilaksanakan dengan baik dan tepat kualitas. Aspek pengendalian mutu yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan konstruksi antara lain meliputi:

- a) peralatan yang digunakan;
- b) cara pengangkutan material/campuran ke lokasi kerja;
- c) penyimpanan bahan/material;

- d) pengujian material yang akan digunakan termasuk peralatan laboratorium;
- e) pengujian rutin laboratorium selama pelaksanaan;
- f) tes lapangan;
- g) administrasi dan formulir.

3. Pengendalian Kuantitas

Pengendalian kuantitas (*Quantity Control*) dilakukan dengan memeriksa bahan/campuran yang ditempatkan atau yang dipindahkan oleh kontraktor atau yang terpasang. Konsultan akan memproses bahan/campiran berdasarkan:

- a) hasil pengukuran yang memenuhi batas toleransi pembayaran;
- b) metode perhitungan;
- c) lokasi kerja;
- d) jenis pekerjaan; dan
- e) tanggal diselesaikannya pekerjaan.

Setelah pekerjaan memenuhi persyaratan baik secara kualitas maupun persyaratan lainnya, maka pengukuran kuantitas dapat dilakukan agar volume pekerjaan dengan teliti/akurat yang telah disetujui oleh konsultan sehingga kuantitas dalam kontrak telah diukur dan mendapat persetujuan dari konsultan.

4. Pengendalian Waktu

Pengendalian waktu dilakukan dengan cara membandingkan presentase pekerja yang telah dilaksanakan dengan presentase pada kurva S yang sudah dibuat. Jika presentase pekerjaan yang telah dilaksanakan lebih tinggi dari presentase awal dalam kurva S, berarti pekerjaan berjalan lebih cepat dari waktu yang direncanakan, kondisi demikian sebaiknya dipertahankan. Namun, sebaliknya jika kondisi presentase hasil pekerjaan di lapangan lebih rendah dari presentase awal, berarti pekerjaan berjalan lambat dan harus dikendalikan agar dapat mencapai target waktu yang direncanakan. Pengendalian waktu ini dilakukan setiap hari, setiap minggu dan setiap bulan yang

dituangkan dalam bentuk laporan harian, laporan mingguan, laporan bulanan, dan laporan kemajuan pekerjaan.

5. Pengawasan/Supervisi

Pengawasan pelaksanaan konstruksi SPALD harus dilaksanakan sesuai dengan ketentuan sebagai berikut:

- a) Pengawasan dilaksanakan terhadap pemenuhan:
 - 1) waktu pelaksanaan;
 - 2) kualitas teknis pelaksanaan konstruksi; dan
 - 3) keuangan.
- b) Pengawasan dilaksanakan oleh tenaga ahli yang sudah berpengalaman dan sesuai dengan bidangnya.
- c) Pengawasan dilaksanakan dengan seksama dan terkoordinasi dengan pihak terkait.
- d) Hal-hal mengenai pengawasan waktu pelaksanaan, kualitas teknis, pelaksanaan konstruksi serta keuangan dilaporkan dalam bentuk laporan tertulis.
- e) Mengirimkan laporan tersebut kepada instansi yang terkait dan negara pemberi bantuan dana, jika pekerjaan tersebut didapat dari bantuan negara donor atau bantuan luar negeri untuk mendapatkan tanggapannya.
- f) Mengadakan uji coba SPALD setelah pekerjaan selesai.
- g) Menerima berita acara penyerahan pekerjaan dari kontraktor, setelah uji coba pelaksanaan konstruksi memenuhi persyaratan yang diperlukan.
- h) Kegiatan pengawasan pelaksanaan konstruksi SPALD harus memenuhi kelengkapan dan ketentuan administrasi yang berlaku.

6. Pengawasan Konstruksi

Pengawasan pelaksanaan konstruksi SPALD dilaksanakan berdasarkan tahapan berikut:

- a) Persiapan
 - 1) Administrasi
Pekerjaan administrasi pada tahap persiapan meliputi:
 - (a) menyampaikan surat perintah kerja kepada pelaksana;

- (b) memeriksa kelengkapan dokumen yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang meliputi surat pembebasan lahan dan perizinan;
- (c) berikan penjelasan gambar dan spesifikasi yang akan diperlukan oleh pelaksana konstruksi;
- (d) memeriksa gambar teknis yang berkaitan dengan pelaksanaan pekerjaan atau gambar kerja;
- (e) menyetujui atau menolak gambar teknis atau gambar kerja;
- (f) menyiapkan estimasi kemajuan pelaksanaan untuk setiap pekerjaan konstruksi dan pengadaan; dan
- (g) menyetujui atau menolak kualitas dan kuantitas material bahan dan perlengkapan yang dikirim oleh *supplier* atau pabrik.

2) Pekerjaan lapangan

Pekerjaan lapangan meliputi:

- (a) periksa kondisi lokasi pekerjaan yang akan dilaksanakan;
- (b) periksa peralatan dan perlengkapan yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan;
- (c) periksa pengajuan material yang akan digunakan sesuai spesifikasi dan gambar kerja baik kualitas dan kuantitasnya; dan
- (d) periksa kesiapan kontraktor sebagai pelaksana pekerjaan.

b) Pelaksanaan Pengawasan

1) Administrasi

Pengawasan administrasi meliputi:

- (a) menyiapkan presentasi kemajuan pekerjaan mingguan, bulanan, triwulan, dan tahunan kemudian dibandingkan dengan perkiraan kemajuan pekerjaan yang telah dibuat sebelumnya;
- (b) menyiapkan revisi perkiraan kemajuan pekerjaan disesuaikan dengan pekerjaan yang dapat diselesaikan sebelumnya;
- (c) menyiapkan evaluasi kemajuan atau keterlambatan pelaksanaan pekerjaan;

- (d) menyampaikan laporan masalah yang dihadapi yang tidak dapat diselesaikan oleh pelaksana supervisi di lapangan yang dapat menyebabkan keterlambatan pelaksanaan pekerjaan ke tingkat yang lebih pantas;
- (e) mengadakan rapat evaluasi hasil pekerjaan baik dengan pelaksana pekerjaan, pemberi pekerjaan dan instansi terkait lainnya secara periodik;
- (f) mengadakan rapat pembahasan penyelesaian masalah yang dihadapi di lapangan maupun yang berhubungan dengan instansi lain;
- (g) untuk pekerjaan yang dananya disediakan dari bantuan luar negeri, pengawas harus memberikan laporan tertulis mengenai kemajuan atau keterlambatan pelaksanaan pekerjaan berikut masalah yang dihadapi baik teknis maupun non-teknis kepada negara pemberi bantuan; dan
- (h) memeriksa kesesuaian gambar nyata (as built drawing) telah sesuai dengan pekerjaan di lapangan.

2) Di Lapangan

Pengawasan di lapangan meliputi:

- (a) melaksanakan pengawasan pelaksanaan konstruksi SPALD agar pelaksanaannya sesuai dengan ketentuan teknis yang telah ditentukan;
- (b) melaksanakan pengawasan kesesuaian penyediaan bahan dengan spesifikasi teknis yang ditentukan;
- (c) melaksanakan pengawasan tata cara pengerjaan sesuai standar yang berlaku, pada pekerjaan fisik dan pekerjaan mekanikal dan elektrikal;
- (d) melaksanakan pengawasan atas keberfungsian unit SPALD;
- (e) memperhatikan agar kualitas air limbah domestik yang diolah di Sub-sistem Pengolahan Terpusat dan Sub-sistem Pengolahan Lumpur Tinja terbangun sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan;

- (f) melaksanakan pengawasan atas kesesuaian pembangunan dengan hasil rancangan teknik terinci;
- (g) melaksanakan pengawasan dan memberikan persetujuan terhadap tahapan pelaksanaan pekerjaan; dan
- (h) melaksanakan pengawasan dan kesesuaian jadwal pelaksanaan pekerjaan.

MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN
PERUMAHAN RAKYAT REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

M. BASUKI HADIMULJONO

Salinan sesuai dengan aslinya
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT
Kepala Biro Hukum,



NIP. 195803311984122001