



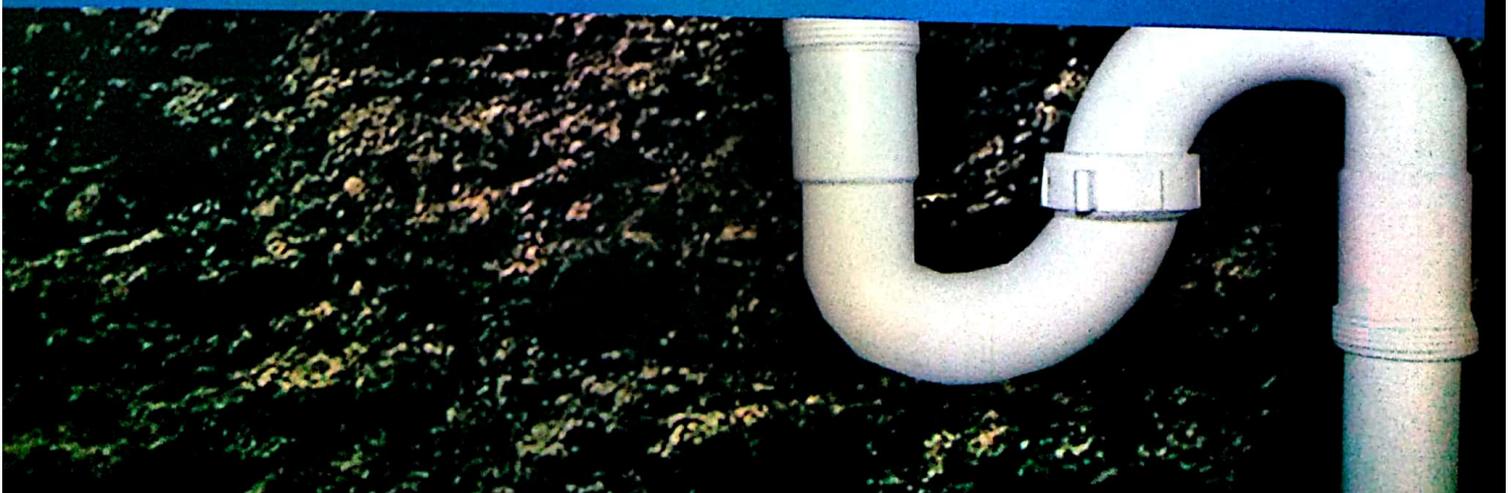
PENERBIT ANDI®

Universitas Bina
Darma 



Dr. Ir. A. Syarifudin, M.Sc., PU-SDA

Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan



DRAINASE PERKOTAAN BERWAWASAN LINGKUNGAN

Oleh: Dr. Ir. Achmad Syarifudin, M.Sc., PU-SDA

Hak Cipta ©2017 pada Penulis
Editor : Puari Christian
Setting : Yulius Rusubi
Desain Cover : Dany Nurhanna
Korректор : Marcella Kika

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk mendistribusikan, memasarkan atau dengan sistem penyimpangan lainnya, tanpa izin tertulis dari penulis.

Ditertbitkan oleh Penerbit ANDI (Anggota IKAPI)
Jl. Bos 38-40, telp (0274) 541881, Fax (0274) 541882 Yogyakarta 55283

Pencetakan CW ANDI OFFSET
Jl. Bos 38-40, telp (0274) 541881, Fax (0274) 541882 Yogyakarta 55283

Pergustakaan Nasional: Katalog dalam Terbitan

Syarifudin, Achmad

DRAINASE PERKOTAAN BERWAWASAN LINGKUNGAN / Achmad Syarifudin

- Ed. 1 - Yogyakarta: ANDI;

26 - 25 - 24 - 23 - 22 - 21 - 20 - 19 - 18 - 17

dim cet - 96, 16x23 Cm.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

ISBN 978-979-29-6302-1

1. Judul

1. Drainage/engineering

DDC 23 : 627.34

PRAKATA

Alhamdulillah, puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat serta ridha-Nya sehingga penyusunan buku ini dapat kami selesaikan dengan baik.

Buku ini dibuat untuk membantu dan menjadi panduan bagi mahasiswa dan praktisi yang ingin belajar tentang sistem drainase perkotaan yang berwawasan lingkungan. Dengan adanya buku ini diharapkan bisa membantu dalam mempelajari sekaligus dapat menerapkannya di lapangan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Penerbit Andi yang telah bersedia mencetak buku ini. Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam hal penyampaian materi sehingga belum semua materi drainase perkotaan berwawasan lingkungan termuat

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	V
PRAKATA	VII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR	XIII
DAFTAR TABEL	XV
BAB 1 SISTEM DRAINASE PERKOTAAN	1
1.1 SISTEM DRAINASE MINOR DAN MAJOR	1
1.1.1 DRAINASE MINOR.....	2
1.1.2 DRAINASE MAJOR.....	2
1.2 SISTEM DRAINASE ALAMI DAN BUATAN	3
1.2.1 DRAINASE ALAMI (NATURAL DRAINAGE).....	3
1.2.2 DRAINASE BUATAN (ARTIFICIAL DRAINAGE)....	4
1.3 DRAINASE KONVENSIONAL DAN DRAINASE BERWAWASAN RAMAH LINGKUNGAN	4
1.3.1 DRAINASE KONVENSIONAL	4
1.3.2 DRAINASE BERWAWASAN RAMAH LINGKUNGAN	6

DRAINASE PERKOTAAN BERWAWASAN LINGKUNGAN

DR. IR. A. SYARIFUDIN, M.SC, PU-SDA

Untuk Istri & anak2 ku :

Dra. Hj. Rini Herlina Rusiyanti, M.Pd

Henggar Risa Destania, ST, M. Eng

Adie Yudha Prawira, ST

Naufallah Dinda Harumi

PRAKATA

Alhamdulillah, puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat serta ridha-Nya, sehingga penyusunan buku ini dapat kami selesaikan dengan baik.

Buku ini dibuat untuk membantu dan menjadi panduan bagi mahasiswa dan praktisi yang ingin belajar tentang sistem drainase perkotaan yang berwawasan lingkungan. Dengan adanya buku ini diharapkan bisa membantu dalam mempelajari sekaligus dapat menerapkannya di lapangan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Penerbit Andi Offset yang telah bersedia untuk mencetak buku ini. Kami menyadari masih banyak kekurangan baik dalam hal penyampaian materi sehingga belum semua materi drainase perkotaan berwawasan lingkungan yang materinya sangat luas. Kami berharap untuk memberikan masukan, saran dan usulan kepada semua pihak untuk memperbaiki penulisan buku ini untuk cetakan selanjutnya.

Kami ucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya dalam penulisan buku ini, baik sengaja ataupun tidak sengaja kami tulis, atas kekeliruan dan kesalahan kami ucapkan mohon maaf.

Palembang,

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xxv
DAFTAR TABEL	xxix
BAB 1 SISTEM DRAINASE PERKOTAAN	1
1.1. SISTEM DRAINASE MINOR DAN MAJOR.....	1
1.2. SISTEM DRAINASE ALAMI DAN BUATAN.....	3
1.3. DRAINASE KONVENSIONAL DAN DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN	
1.4. DRAINASE BAWAH TANAH DAN DRAINASE PERMUKAAN	
BAB 2. PERMASALAHAN DRAINASE	
2.1. PENYEBAB YANG SIFATNYA ALAMI	
2.2. PENYEBAB YANG SIFATNYA AKIBAT ULAH MANUSIA	
BAB 3 SURVEI DAN INVESTIGASI	
3.1. PETA DAN SURVEI TOPOGRAFI.....	
3.2. DATA IKLIM	
3.3. DATA HIDROLOGI	

3.4. SURVEI HIDROGRAFI.....	
3.5. SURVEI GENANGAN BANJIR.....	
BAB 4 PROGRAM DAN PERENCANAAN DRAINASE PERKOTAAN	
4.1. PENDAHULUAN.....	
4.2. PROGRAM JANGKA PENDEK/TRANSISI.....	
4.3. PROGRAM JANGKA MENENGAH (PJM) DAN JANGKA PANJANG	
BAB 5 KRITERIA DESAIN	
5.1. KRITERIA DI TINJAU DARI SEGI KLIMATOLOGI ATAU OCEANOGRAFI	
5.2. KRITERIA DI TINJAU DARI SEGI HIDROGRAFI ATAU LAND-USE	
5.3. KRITERIA DI TINJAU DARI SEGI HIDRAULIKA	
5.4. KRITERIA DI TINJAU DARI SEGI STRUKTUR	
BAB 6 DESAI SALURAN DRAINASE	
6.1. PERENCANAAN SALURAN DRAINASE	
6.2. DEBIT BANJIR RENCANA	
BAB 7 ASPEK HIDRAULIKA	
7.1. UMUM	
7.2. KECEPATAN MAKSIMUM YANG DI IZINKAN	
7.3. RENCANA TAMPANG SALURAN	

7.4. PERENCANAAN TANDON BANJIR

SENARAI PUSTAKA.....

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 7.1** Urutan menu dan kendala penanganan banjir
- Gambar 7.2.** Tandon banjir dengan pompa sentrifugal.....
- Gambar 7.3.** Bentuk “loop routing” sungai
- Gambar 7.4.** Tandon banjir

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Koefisien pengaliran DAS.....
Tabel 5.2	Koefisien Basin
Tabel 5.3	Koefisien kekasaran Manning
Tabel 6.1.	Kala ulang banjir rencana untuk sistem drainase kota sepanjang jalan
Tabel 7.1.	Variasi n Manning dengan VR.....
Tabel 7.2.	Jenis Tandon

1 SISTEM DRAINASE PERKOTAAN

1.1 Sistem Drainase Minor dan Major

Urbanisasi di sekitar lembah sungai bisa memberikan perubahan terhadap topografi dan tata guna lahan di sekitarnya. Perubahan tersebut bila tidak **direncanakan, didesign dan diterapkan** dengan baik akan membawa kerusakan yang besar bagi lingkungannya. Untuk alasan ini, instansi Pemerintah, perencana dan ahli teknik bekerja sama guna menciptakan strategi untuk pembangunan daerah perkotaan beserta sistem drainasenya.

Sistem drainase perkotaan umumnya terbagi menjadi 2 macam yaitu : *Drainase Minor* dan *Drainase Major*.

1.1.1 Drainase Minor

Adalah bagian dari keseluruhan sistem drainase yang mengumpulkan air dari hulu dan mengalirkannya ke drainase major.

Sistem ini pada umumnya didesain untuk unit hidrologi yang kecil yang berukuran sekitar 4 - 8 ha. Sistem ini bisa digunakan untuk daerah perumahan, komersial, industri atau semua area yang kecil dengan karakteristik perkotaan. Karena sistem ini mewakili jaringan drainase perkotaan yang tertutup oleh daerah perkembangan perkotaan, seperti real estate, daerah komersial, daerah industri, pembangunan pasar, dan lain-lain dimana tanggung jawab sistem tersebut berada pada tingkat administrasi.

Drainage minor mengumpulkan air hujan dari unit tersebut dan mengalirkannya ke drainage major melalui sebuah outlet. Outlet tersebut merupakan akhir dari drainage minor.

1.1.2 Drainase Major

Drainase major mengumpulkan air hujan dari sistem drainase minor dan mengalirkannya ke outlet yang bermuara di sungai atau lautan.

Drainase ini terdiri dari sungai alam dan aliran sungai saluran buatan, dan lain-lain. Hal ini merupakan kunci pokok bagi drainase perkotaan yang bagus karena harus bisa mengakomodasikan air hujan kurang dari frekuensi badai yang ada, tergantung dari kepentingan daerah perkotaan yang dilayaninya.

Sistem ini mewakili jaringan drainase sebuah daerah perkotaan Kabupaten atau kota yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan, pengoperasian dan pemeliharaannya.

1.2 Sistem Drainase Alami dan Buatan

Ditinjau dari segi keberadaannya pada umumnya sistem drainase dapat dibedakan menjadi 2 :

1.2.1 Drainase Alami (Natural Drainage)

Drainase disini terjadi dengan sendirinya tanpa campur tangan manusia.

Keadaan ini terjadi apabila :

- a) Tanah cukup miring ($i = \text{cukup}$)

Pada tanah yang cukup miring, air hujan akan mengalir dengan sendirinya, dan akan masuk ke selokan-selokan yang ada terus ke sungai.

Mengalirnya air di permukaan tanah ini disebut "Run Off".

b) Tanah yang cukup porous

Pada tanah yang cukup porous, air akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan akan bersatu dengan air tanah untuk mengalir bersama-sama sebagai sumber air tanah.

1.2.2 Drainase Buatan (Artificial)

Keberadaan drainase ini sengaja dibuat untuk keperluan pengeringan suatu daerah. Biaya drainase buatan ini adalah relatif mahal. Hal ini disebabkan karena perlu adanya pipa-pipa, selokan-selokan, pompa-pompa dan lain-lain. Maka dalam perencanaan drainase suatu kota atau daerah tertentu kita usahakan suatu sistem drainase secara alamiah (natural). Hal ini disebabkan selain biaya pembuatan relative

murah juga biaya pemeliharannya relatif sangat murah. (akan lain halnya apabila kita memakai instalasi pompa).

1.3 Drainase Konvensional dan Drainase Berwawasan Ramah Lingkungan

1.3.1 Drainase Konvensional

Konsep umum drainase yang dipakai di Indonesia adalah konsep drainase konvensional, yaitu drainase “pengatusan kawasan”. Drainase konvensional ini adalah upaya membuang atau mengalirkan air kelebihan secepat-cepatnya ke sungai terdekat. Di dalam konsep ini air hujan yang jatuh kesuatu wilayah harus secepat-cepatnya dibuang ke sungai dan seterusnya mengalir ke laut. Konsep ini digunakan secara menyeluruh baik di daerah perumahan, pedesaan, pertanian, dan lain-lain.

Di daerah perkotaan, drainase konvensional di buat dengan cara membuat saluran-saluran lurus terpendek menuju sungai guna mengataskan

kawasan tersebut secepat-cepatnya. Pada areal pertanian ataupun perkebunan biasanya dibangun saluran drainase air hujan menyusuri lembah memotong garis kontur dengan kemiringan yang terjal. Demikian juga di areal wisata dan olah raga, semua saluran drainase di desain sedemikian rupa sehingga air hujan mengalir secepat-cepatnya ke sungai.

Ternyata konsep drainase konvensional ini bila dilakukan terus menerus akan menimbulkan berbagai masalah baik di daerah hulu, tengah maupun hilir. Semua air hujan dialirkan secepat-cepatnya ke sungai terdekat tanpa diupayakan agar air mempunyai kesempatan cukup untuk meresap ke dalam tanah.

Dampak tersebut dapat kita lihat dengan terjadinya kekeringan, banjir dimana-mana, longsor dan pelumpuran serta penyurutan sungai-sungai (terutama di luar Jawa) sehingga menyebabkan transportasi sungai terganggu.

Kesalahan yang paling pokok adalah prinsip membuang air hujan secepat-cepatnya ke sungai, akibatnya sungai-sungai akan menerima beban yang melampaui kapasitasnya dan mengakibatkan terjadinya banjir. Keadaan ini menurunkan kesempatan air untuk meresap ke dalam tanah. Dengan demikian, cadangan air tanah akan berkurang dan terjadilah kekeringan di musim kemarau. Hal ini menyebabkan banjir dan kekeringan merupakan fenomena yang saling menyusul secara bergantian.

1.3.2 Drainase Berwawasan Ramah Lingkungan

Bila kita ingin memperbaiki konsep drainase konvensional, bisa dilakukan dengan konsep drainase baru yang kita kenal dengan drainase ramah lingkungan atau ekodrainase yang merupakan konsep baru ekohidrolik dalam bidang drainase.

Drainase ramah lingkungan adalah upaya mengelola air kelebihan dengan cara sebesar-

besarnya diresapkan ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya. Dalam konsep ini, kelebihan air pada musim hujan dikelola sedemikian rupa sehingga tidak mengalir secepatnya ke dalam sungai., namun diusahakan meresap ke dalam tanah guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan musim kemarau.

Beberapa metode drainase ramah lingkungan adalah :

a. Metode kolam konservasi :

Hal ini dilakukan dengan membuat kolam-kolam air baik di perkotaan, pemukiman, pertanian atau perkebunan. Kolam ini dibuat untuk menampung air hujan dengan terlebih dahulu diresapkan dan sisanya dialirkan ke sungai secara perlahan-lahan.

Kolam ini dapat dibuat dengan memanfaatkan topografi rendah, daerah-daerah bekas galian

pasir/material lainnya, atau dengan menggali suatu areal atau bagian tertentu.

Hal ini dapat dimanfaatkan untuk keperluan tertentu lainnya, seperti pada perumahan (real estate), kolam ini dapat digunakan juga sebagai objek rekreasi bagi masyarakat sekitarnya.

Untuk pertanian dan perkebunan, kolam ini dapat digunakan sebagai kolam penampungan dengan membuat parit-parit disekitarnya.

b. Sumur resapan :

Metode ini merupakan metode praktis dengan cara membuat sumur-sumur untuk mengalirkan air hujan yang jatuh pada atap perumahan atau kawasan tertentu.

Konstruksi dan kedalaman sumur disesuaikan dengan kondisi lapisan tanah disekitarnya.

Tetapi perlu dicatat bahwa sumur ini hanya untuk menampung air hujan saja, bukan untuk limbah rumah tangga.

c. River side polder :

Metode ini menahan air dengan mengelola/menahan air kelebihan (hujan) disepanjang bantaran sungai. Pembuatan polder ini dilakukan dengan memperlebar bantaran sungai di berbagai tempat secara selektif di sepanjang sungai. Pembuatan polder diusahakan secara alamiah, dalam arti bukan polder dengan pintu hidraulik teknis dan tanggul-tanggul lingkaran hidraulik yang mahal. Pada saat muka air naik (banjir) sebagian air akan mengalir ke polder dan akan keluar jika banjir reda, sehingga banjir di hilir dapat dikurangi dan konservasi air tetap terjaga.

d. Areal perlindungan air tanah (ground water protection area) :

Metode ini dilakukan dengan menetapkan kawasan lindung untuk air tanah (daerah resapan), dimana kawasan tersebut tidak boleh dibangun bangunan apapun. Areal tersebut

dikhususkan untuk meresapkan air ke dalam tanah.

Untuk mendukungnya, perlu diadakan penelitian tempat-tempat yang cocok secara geologis dan ekologi untuk recharge dan perlindungan air tanah sekaligus sebagai bagian penting dari komponen drainase kawasan.

Konsep drainase ramah lingkungan ini perlu mendapat perhatian khusus dari pemerintah. Penelitian dan studi khusus mengenai konsep drainase ramah lingkungan perlu diadakan untuk pembenahan atau revisi konsep drainase yang sudah ada.

1.4 Drainase Bawah Tanah dan Drainase Permukaan

1.4.1 Drainase bawah tanah (Sub Surface Drainase)

Yaitu suatu drainase di bawah permukaan tanah. Biasanya hal ini dilaksanakan untuk mengatur air tanah, misalnya :

- air tanah supaya jangan terlalu tinggi

- supaya air kapiler dicapai oleh akar tanaman, aerasi dapat terjadi dengan baik dan lain-lain

Sistem drainase di bawah permukaan tanah ada beberapa macam antara lain :

- a. Sistem paralel
- b. Sistem alami
- c. Grid iron sistem
- d. Sistem radial

Faktor-faktor yang harus diperhitungkan dalam drainase bawah tanah:

- a. daya resap tanah, berkaitan dengan kecepatan resapan dan prosentasi pori
- b. kemampuan mendrain dari pipa

1.4.2 Drainase Permukaan (Surface Drainase)

Macam-macam air dalam tanah :

- free water = gravitational water (air bebas)
- free water dapat bergerak karena pengaruh gravitasi/berat sendiri, dan hanya air inilah yang dapat kita kuasai secara langsung (yang

dapat kita keluarkan dari tanah dengan sub surface drainase)

- Capillary water (air kapiler)

Capillary water adalah air yang melekat pada bagian-bagian tanah. Datangnya dibagian tanah tersebut yaitu waktu free water melewati tanah itu dari atas ke bawah atau secara capillary attraction (kenaikan kapiler) dari bawah ke atas.

Capillary water ini tidak dipengaruhi oleh beratnya/gravitasi. Air ini dapat merembes ke atas, ke kanan dan ke kiri serta tidak dapat dihilangkan dengan sistem drainasi, tetapi capillary water (air kapiler) ini dapat dinaikan atau diturunkan dengan menaik-turunkan ground water (air tanah)/water table.

Air kapiler dapat hilang karena dipanasi (menjadi uap) atau dengan mendapat tekanan yang besar dari luar.

- Hygroscopic (air hygroscopis)

Air hygrokapis ini adalah air yang sudah jadi bagian tanah, tidak dapat dihilangkan dari tanah kecuali dengan pemanasan yang cukup tinggi.

Faktor-faktor yang harus diperhitungkan pada drainase permukaan adalah :

- a. aliran limpasan permukaan, yaitu besarnya air limpasan ini harus ditampung oleh sistem drainase permukaan (surface drainase)
- b. pemilihan waktu hujan, untuk menentukan qt dipilih t sedemikian sehingga dengan t terpilih tersebut akan menghasilkan aliran yang maksimum. Atau dengan kata lain t terpilih menghasilkan intensitas hujan maksimum.

2 PERMASALAHAN DRAINASE

Urbanisasi yang terjadi di perkotaan membawa beberapa perubahan terhadap topografi dan tata kota. Pembangunan bagi perkotaan memperluas area kedap air (impermeable) dengan pembangunan gedung-gedung, jalanan aspal, parkir dan lain-lain yang membuat berkurangnya peresapan air hujan ke dalam tanah. Bila pembangunan perkotaan tersebut tidak direncanakan secara hati-hati, maka akan timbul beberapa masalah dalam perkotaan, salah satunya adalah banjir yang terjadi di beberapa kota besar di Indonesia.

Masalah-masalah banjir di perkotaan pada umumnya disebabkan oleh kurang efektifnya sistem drainase perkotaan. Pengembangan drainase perkotaan kadang-kadang sulit dilaksanakan dikarenakan keadaan topografi yang datar, pengembangan kota di dataran banjir, tingkat hujan yang tinggi dari daerah kedap air yang luas, dan kerusakan/hilangnya daerah penampungan.

Masalah “Pengendalian Banjir Perkotaan” tidak dapat diatasi hanya dengan menangani salah satu kegiatan yang saling berkaitan, yakni :

1. Pengendalian banjir : usaha agar air sungai tidak meluap ke daerah perkotaan akibat hujan di hulu.
2. Drainase : usaha agar air hujan setempat dapat dibuang ke sungai (dan terus ke laut) secepat mungkin.

Banjir perkotaan, akibat luapan sungai maupun hujan lokal, dapat menimbulkan masalah-masalah umum sebagai berikut :

- Terendahnya rumah-rumah, kebun, halaman, jalan, pertokoan.
- Terhambatnya lalu lintas, kegiatan ekonomi, pendidikan, dan lain-lain.
- Kerusakan prasarana umum (jalan, telpon, gardu listrik, dan lain-lain).
- Kadang-kadang banjirpun dapat mengakibatkan kematian

Adapun penyebab terjadinya banjir di perkotaan pada umumnya adalah :

2.1. Penyebab yang sifatnya alami

Penyebab terjadinya banjir disini dikarenakan oleh factor alam, bukan karena campur tangan manusia. Beberapa penyebab terjadinya banjir yang sifatnya alami adalah :

2.1.1 Kemiringan sungai yang sangat kecil.

Hal ini menyebabkan kecepatan pengaliran air hujan ke sungai-sungai menjadi kecil/melambat, sehingga memungkinkan terjadinya sedimentasi pada saluran drainase yang akhirnya lebih dapat mengganggu pengaliran air tersebut masuk ke drainase utama.

2.1.2 Intensitas hujan yang tinggi.

Sebelum melakukan analisis drainase, anda harus mengenali terlebih dulu “intensitas hujan” yang merupakan penyebab utama dari banjir di kawasan perkotaan dan lingkungan perkotaan.

Di Indonesia, pengukuran curah hujan dapat dilakukan dengan 2 cara yakni penakaran dengan menggunakan alat ukur curah hujan

biasa, yaitu penakar hujan manual (penakar ini dapat dibuka dan menampung hujan selama 24 jam) dan penakar hujan otomatis (penakaran dilakukan dengan menggunakan kertas grafik pada suatu “mesin jam” yang berputar dan menggambarkan curah hujan dari waktu ke waktu mengikuti detak mesin tersebut).

2.1.3 Pembendungan akibat pasang laut yang mempengaruhi pasang pada sungai induknya.

Di Jakarta sudah banyak ditulis tentang terjadinya intrusi air laut ke arah daratan seperti di daerah Gambir dan Kuningan. Hal ini disebabkan karena normalisasi saluran primer atau banjir kanal drainase, yang bermuara langsung ke laut. Dengan membuat saluran yang lebih besar dan dalam, maka air laut (khususnya pada waktu pasang-naik), akan menyusur melalui saluran ini, masuk jauh ke daratan.

Ada beberapa cara untuk mengatasi dampak lingkungan ini, antara lain :

- membuat pintu air pasang, diperlukan di muara saluran primer atau banjir kanal tersebut. Pintu tersebut harus ditutup sewaktu laut pasang.
- membuat “lining” pelapis, terutama untuk bagian dinding/dasar saluran yang terkena instruksi
- “geotextile” (bahan pelapis tipis yang kedap air), perlu dipertimbangkan pemakaiannya.

2.1.4 Penurunan tanah (*land subsidence*).

Penyedotan air tanah secara berlebihan disinyalir bisa menyebabkan turunnya muka air tanah. Air tanah yang mengisi pori tanah, dan ikut menyangga beban, harus keluar karena disedot oleh sumur bor, sehingga terjadilah penurunan muka air tanah yang pada gilirannya permukaan tanah juga akan turun.

Contoh kasus yang terjadi di Semarang, dimana penurunan muka air tanah dilaporkan sebesar 5

cm per-tahun. Hal ini menyebabkan perambahan kawasan pantai oleh air laut (intrusi air laut) dan muka tanah menjadi turun (land subsidence) sehingga mengganggu aktivitas penduduk kota.

2.1.5 Pendangkalan.

Pendangkalan muara sungai tidak hanya mengganggu lalu lintas perahu pada sungai tersebut, akan tetapi juga menyebabkan hambatan/kelancaran masuknya debit sungai tersebut ke laut, sehingga pada gilirannya juga akan menyebabkan kelancaran masuknya debit saluran drainase ke sungai/drainase utamanya terganggu.

2.2 Penyebab yang sifatnya akibat olah manusia

Penyebab banjir ini disebabkan oleh kegiatan manusia sehingga menimbulkan dampak-dampak negatif pada lingkungan sekitarnya, diantaranya :

2.2.1 Budaya masyarakat yang tidak mendukung (seperti membuang sampah tidak pada

tempatnyanya sehingga pada saat hujan turun, sampah-sampah tersebut menyumbat saluran-saluran drainase yang ada dan menimbulkan banjir pada rumah tinggal di bantaran sungai, dan lain-lain)

2.2.2 Pembuatan gorong-gorong yang kekecilan

Pada sistem drainase perkotaan ada 2 (dua) jenis gorong-gorong, yaitu :

- a. Gorong-gorong jalan, yang dibangun oleh pemerintah daerah.

Gorong-gorong ini diperlukan pada saat saluran drainase hendak melintas jalan kota, terutama pada perempatan jalan raya. Jumlahnya relative tidak banyak.

- b. Gorong-gorong rumah, yang dibangun di depan setiap rumah penduduk. Jumlahnya bisa ratusan ribu, sesuai dengan jumlah penduduk di kota tersebut. Gorong-gorong ini dibangun

oleh penduduk kota, sehingga banyak dibangun ala kadarnya. Ukurannya sangat kecil dan kurang kapasitasnya.

Gorong-gorong yang kekecilan dapat menyebabkan kehilangan tekanan hidrolis yang besar atau menyebabkan naiknya permukaan air di sebelah hulu dan menyebabkan banjir.

2.2.3 Pertemuan saluran drainase yang kurang baik
ditinjau dari segi hidrolis

Untuk mendapatkan aliran yang “stream line”, sistem drainase harus diatur bentuk geometrisnya agar tidak terdapat aliran yang saling bertubrukan satu sama lain.

2.2.4 Pembuatan bangunan-bangunan silang oleh masyarakat yang tidak memenuhi persyaratan (misalnya jembatan yang sempit, penutupan teknis saluran drainase untuk jalan, rumah, toko-toko, dan lain-lain).

Contoh kasus permasalahan drainase yang terjadi di daerah perkotaan, yakni :

Pengurukan rawa dan badan sungai sehingga terjadi perubahan fungsi yang tadinya sebagai sungai menjadi daerah hunian atau jalan di Palembang yang membuat kota Palembang sering banjir

Hal ini terjadi karena banyaknya rawa yang merupakan daerah tampungan air di uruk menjadi lahan hunian, perkantoran atau pertokoan. Selain itu juga puluhan sungai dan anak sungai di sekitar kota Palembang hilang karena diuruk menjadi lahan hunian dan jalan. Hal ini mengganggu sistem drainase dan mengakibatkan daerah tampungan air menjadi berkurang.

Terjadinya banjir di kota Palembang juga didukung dengan adanya sistem drainase yang tidak baik. Sistem drainase yang ada yang dikepung sejumlah anak sungai itu belum mampu membuang luapan air hujan dan sungai ke luar kota.

Untuk mengatasinya, Pemerintah kota Palembang masih menyosialisasikan pentingnya rawa dalam mengantisipasi

banjir kepada masyarakat. Sedangkan untuk sistem drainase yang masih lemah, Pemkot Palembang sudah membuat masterplan drainase yang dibangun dengan mengandalkan aliran sungai Musi, Sekana, Bendung, dan Buah. Dari sungai-sungai tersebut dikembangkan anak-anak sungai yang berfungsi membuang air limbah sehingga mengalir ke luar kota.

3 SURVEY DAN INVESTIGASI

Pada Bab kedua topik mengenai masalah-masalah drainase di perkotaan sudah dibahas secara mendalam. Untuk menanggulangi masalah-masalah yang ada terutama banjir di daerah perkotaan, perlu diadakan survey dan investigasi untuk dapat menganalisis dan mencari alternatif penyelesaian mengenai masalah tersebut.

Pengumpulan data ataupun survey merupakan langkah pertama yang harus dilakukan dalam mengerjakan suatu studi atau perencanaan. Faktor-faktor dibawah ini bisa dipertimbangkan dalam pengumpulan data-data :

- ❖ Penggunaan data untuk keperluan studi tertentu.
- ❖ Data yang digunakan dalam studi kelayakan tidak perlu selengkap dari data yang diperlukan untuk detail desain (perencanaan detail).
- ❖ Tingkat ketelitian yang diperlukan

- ❖ Penggunaan data untuk tingkat pengembangan di masa mendatang.
- ❖ Pengumpulan data tahap awal proyek direncanakan sedemikian sehingga tambahan data yang diperlukan untuk tahap proyek berikutnya dapat dengan mudah ditambahkan pada data awal

Dalam beberapa kasus, informasi kondisi lapangan yang spesifik dan terinci diperlukan dan dalam hal lain dapat diperkirakan. Program pengumpulan data atau survey yang terbaik adalah menyediakan data yang cukup pada waktu yang diperlukan untuk perencanaan.

Lingkup topik dari pengumpulan data ini biasanya dihubungkan dengan studi dan perencanaan untuk pekerjaan pengendalian banjir.

3.1 Peta dan Survey topografi

Data topografi yang tersedia dalam bentuk peta berskala 1 : 50.000 untuk seluruh Indonesia dan skala 1 : 250.000 peta kontur Jawa, Sumatra, dan sebagian Kalimantan. Biasanya peta ini dibuat oleh Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional) di Jakarta.

Peta ini biasanya mempunyai interval kontur 5 meter untuk daerah yang sangat datar dan interval 25 meter untuk daerah yang lebih curam, contohnya daerah berbukit dan pegunungan.

Ada juga beberapa peta bathymetri tersedia untuk danau-danau besar, muara sungai besar yang biasa digunakan untuk navigasi dan daerah pantai Indonesia. Tetapi peta ini tidak bersifat umum dan dibuat oleh Janhidral (Jawatan Hidrologi Angkatan Laut).

Survey topografi dan juga bathymetri dilakukan untuk menetapkan geometri alur sungai dan daerah datar yang mungkin tergenangi selama banjir dengan mengikuti rekomendasi sebagai berikut :

- ❖ Survey dilakukan untuk merencanakan elevasi dasar datum nasional pada DP datum (Datum Plane dari survey topografi yang digunakan US army Map Service dan Bocosurtanal) dengan tinggi laut rata-rata pada pelabuhan Jakarta yang diperkirakan sama dengan -1.5 meter SHVP (Surabaya Haven Vloed

Peil (versi Belanda)) atau tinggi banjir pelabuhan Surabaya.

- ❖ Kontrol Horizontal (koordinat X dan Y) biasanya mengikuti sistem UTMS (Universal Transverse Mercator System)

Untuk dapat mudah memahami sistem drainase yang sudah terbangun, kiranya diperlukan peta-peta sebagai berikut :

- 1) Peta Orthophoto, berupa foto udara dengan garis kontur dan skala 1 : 1000 sampai dengan 1 : 10.000. Peta ini digunakan untuk mengukur panjang saluran, luas DAS, daerah yang tergenang termasuk untuk menghitung jumlah rumah dengan akurat. Peta ini biasa diproduksi oleh BPN atau Bakosurtanal.
- 2) Peta Kota, pada peta ini dapat dilihat nama jalan, sungai, fasilitas kota, bangunan umum, batas-batas kecamatan dan lain-lain, yang sangat berguna untuk mengetahui jenis dan jumlah fasilitas kota yang tergenang, nama DAS, saluran, waduk, sungai, dan lain-lain.

- 3) Peta sistem drainase, pada peta ini dapat ditunjukkan jalan dan saluran disisinya, arah aliran, dan bangunan drainase lainnya.
- 4) Peta rencana tata kota, pada peta ini dapat ditunjukkan GB rencana pelebaran jalan, zone pemukiman, perdagangan, jalur hijau, taman, resapan air, dan lain-lain. Peta ini digunakan untuk menghitung koefisien pengaliran, menetapkan jenis dan jalur drainase kota.

3.2 Data Iklim

Data meteorology untuk Indonesia dikumpulkan dan didistribusikan oleh BMG (Badan Meteorology dan Geofisika) dari Departemen Perhubungan di Jakarta. Data ini diperoleh dalam bentuk buku dan digital.

Biasanya hujan merupakan bagian dari data iklim yang digunakan untuk perencanaan dan perancangan pekerjaan pengendalian banjir. Data temperature, kelembaban, titik embun, dan tekanan atmosfer hanya diperlukan untuk menentukan PMP (hujan maksimum yang mungkin). Tipe hujan yang diperlukan untuk

proyek pengendali banjir adalah total hujan harian dan intensitas hujan dari 5 menit sampai 24 jam.

3.3 Data Hidrologi

Data hidrologi yang paling utama adalah :

❖ Data intensitas hujan

Untuk mengetahui intensitas hujan, perlu diadakan penakaran curah hujan. Penakaran curah hujan dapat dilakukan dengan akurat apabila digunakan data dari station curah hujan automatic, karena dengan data ini dapat lebih mudah diketahui berapa mm hujan dalam waktu 1 jam.

❖ Prakiraan debit banjir pada DAS (Daerah Aliran Saluran)

Air hujan akan jatuh pada wilayah pemukiman dan perkotaan yang bentuk dan karakteristiknya sangat berpengaruh pada besarnya debit banjir. Kawasan dimana titik air hujan akan jatuh dan mengalir menuju muara yang sama dinamakan Daerah Aliran Saluran (DAS). Luas DAS akan berpengaruh pada besarnya debit. Semakin besar DAS maka semakin

besar debit puncak yang terjadi. Hal-hal yang mempengaruhi karakteristik DAS terhadap debit banjir adalah kemiringan DAS (semakin miring DAS, semakin besar debit air yang dihasilkan) dan adanya benda-benda (seperti tanaman, hutan, waduk, sumur) yang dapat mencegah banjir (bila aliran air permukaan berkurang, maka debit banjir dapat diperkecil).

❖ Debit sungai dan tinggi muka air

Data ini dibuat dengan menggunakan proses pengukuran dan perhitungan. Data debit puncak, debit rata-rata harian dan tinggi muka air dapat diperoleh dalam bentuk buku dan digital. Data yang dihasilkan disusun secara sistematis untuk menjamin kualitas data yang baku. Untuk pengukuran data tinggi muka air, bisa dilakukan dengan menggunakan 2 tipe pengukuran : pengukuran yang tidak direkam atau manual (ordinary water level) dan perekaman otomatis (automatic water level recorder).

3.4 Survey Hidrografi :

Ada beberapa jenis survey hidrologi :

❖ Hidrografi (elevasi banjir besar)

Data yang dicari berwujud grafik alat “AWLR” (Automatic Water Level Recorder), rating curve, debit banjir pada bermacam perioda ulang. Survey ini dilakukan apabila muara drainase bermuara di sungai utama. Data ini pada umumnya dapat diperoleh dari proyek irigasi/rawa, Litbang Air dan Proyek banjir. Data ini sangat bermanfaat terutama pada bermacam periode ulang untuk mengetahui (menghitung) tinggi muka air banjir dan debit banjir.

❖ Oceanografi (elevasi pasang surut)

Wujud data dari oceanography adalah grafik hasil alat AWLR dan log book pelayaran pada posisi AWLR tersebut berada. Instansi yang bertanggung jawab melakukan survey oceanografi adalah pengelola pelabuhan. Hasil yang diperoleh pada bermacam periode ulang.

3.5 Survey genangan banjir

Kunci keberhasilan survey teknis suatu drainase adalah data yang akurat dan benar tentang daerah genangan, terutama :

- ❖ Luas dan daerah cakupan genangan, lengkap dengan nama jalan, kelurahan, wilayah
- ❖ Elevasi genangan banjir diukur dari “bench marc” drainase
- ❖ Kedalaman genangan maksimum dan lokasi genangan tersebut
- ❖ Frekuensi terjadinya banjir
- ❖ Durasi (lamanya) genangan

Survey genangan banjir bisa dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

- a. Data banjir dari Dinas Pekerjaan Umum/Proyek Daerah

Data ini berwujud peta genangan banjir, lengkap dengan kedalaman, frekuensi, durasi. Instansi yang bertanggung jawab terhadap data tersebut adalah proyek irigasi, seksi pengairan DPU Kabupaten/Kota,

dan proyek banjir. Data ini bisa digunakan untuk menentukan lokasi genangan secara global berdasarkan “aspirasi daerah”.

- b. Edaran kuisisioner kepada penduduk kelurahan, kawasan niaga, dll

Data ini berupa data genangan “door to door” disertai kerugian finansial akibat banjir. Dinas Sosial Politik memberi ijin untuk mengadakan survey ini dan dibantu oleh kelurahan untuk koordinasi pelaksanaannya. Survey ini menentukan lokasi genangan banjir, jenis dan kuantitas fasilitas yang tergenang.

- c. Meneliti tapak banjir pada bangunan, pohon, semak belukar, dll

Data survey ini berupa tapak banjir yang dapat diukur elevasinya dan diikat pada patok drainase terdekat. Staff kelurahan, penduduk usia lanjut, pengelola fasilitas pemerintahan daerah (tukang sapu, pegawai PLN, dll) dapat diikutkan dalam melaksanakan survey

ini. Hasilnya adalah pengukuran elevasi genangan maksimum dan memperkirakan luasan genangan.

d. Memasang “tabung perekam tapak genangan banjir”
(TPTGB)

Data yang diperoleh berwujud tapak genangan banjir maksimum pada lokasi alat untuk periode selama tabung perekam berada di lokasi ini. Pihak-pihak yang bertanggung jawab dalam survey ini adalah staff kelurahan dan DPU untuk memberikan saran pengamanan alat. Selain itu, Lembaga Meteorologi bertanggung jawab memberikan saran untuk waktu pemasangannya. Manfaat survey ini adalah diperolehnya data tapak muka air genangan maksimum untuk suatu kurun waktu tertentu dapat terekam dengan jelas.

Konstruksi alat TPTGB (Tabung Perekam Tapak Genangan Banjir) dirakit lokal dan sangat sederhana. (bisa dilihat pada gambar dibawah).

- ❖ “pelat landas” bentuk bulat diletakan diatas pondasi batu kali atau beton, lengkap dengan 4 buah “angkur”

- ❖ tabung “perekam” dari besi atau beton dilumuri dengan tinta larut air sampai puncaknya. Kemudian alat ini ditutup dengan tabung pelindung, dan sekrup dikencangkan pada angkur pondasi.
- ❖ Air banjir masuk kedalam alat ini, melalui lubang diantara sekrup tabung. Air naik di dalam alat, mencapai ketinggian sama dengan muka banjir disekitarnya. Bagian yang merendam tabung perekam melarutkan tinta kedalam air banjir.
- ❖ Setelah tutup pelindung dibuka, maka pada tabung perekam tampak jelas tapak banjir yang menunjukkan elevasi muka banjir.

4 PROGRAM DAN PERENCANAAN DRAINASE PERKOTAAN

4.1 Pendahuluan

Di Indonesia sebagian besar perkotaan telah terlengkapi dengan sistem drainase perkotaan. Pada umumnya sistem tersebut dikembangkan dengan baik di sebagian besar di pulau Jawa, diikuti oleh Sumatera, Sulawesi, dan Kalimantan. Di beberapa pulau lainnya atau di daerah kecil, dengan beberapa perkecualian, sistem tersebut hanya dikembangkan secara dasar atau tradisional dan semuanya tidak berfungsi secara maksimal serta pemeliharaan yang tidak baik dan kurangnya pemeliharaan saluran drainase dapat menyebabkan sedimentasi, tertumpuknya sampah-sampah bahkan saluran digunakan untuk berjualan dan lain sebagainya.

Langkah pertama untuk semua strategi penanganan drainase, baik yang direncanakan atau yang dilaksanakan, harus memperhatikan kapasitas original

dari sistem drainase yang ada dengan menyediakan operasi dan pemeliharaan yang tepat.

Beberapa aktivitas yang perlu diperhatikan dalam manage drainage perkotaan di Indonesia adalah :

1. Pemeliharaan rutin
2. Pemeliharaan special
3. Rehabilitasi/perbaikan
4. Pembangunan/development

Aktivitas-aktivitas ini harus diterapkan pada sistem drainase yang ada serta proyek pengembangan drainase baik yang ada maupun yang akan direncanakan.

Pemeliharaan yang ada terdiri dari semua rutinitas dan kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan sistem jaringan drainase. Perbaikan sistem drainase bisa diklasifikasikan berdasarkan frekuensi pemeliharaannya, seperti :

❖ Rutin

Perbaikan rutin terdiri dari pekerjaan yang diperlukan untuk diaplikasikan per-tahun dan biasanya sudah direncanakan dalam kegiatan tahunan seperti mengangkat sediment, memindahkan deposit

dari sisi sungai, memotong rumput, membersihkan bangunan dari sampah, memperbaiki dinding bangunan, dan lain-lain.

❖ Periodik

Perbaikan secara periodik bisa dijelaskan sebagai kegiatan yang diperlukan untuk merealisasikan lifetime dari suatu drainase, tetapi dilaksanakan pada interval waktu yang lebih dari 1 tahun, misalnya perbaikan bangunan-bangunan yang besar pengecatan, service besar pada peralatan dan bangunan mekanik dan lain-lain.

❖ urgent (penting) atau emergency (garurat)

Perbaikan emergency (darurat) terdiri dari perbaikan penting dimana kegiatan tersebut tidak termasuk dalam rencana-rencana perbaikan yang telah deprogram. Perbaikan emergency ini sangat penting terutama perbaikan terhadap kejadian-kejadian alami seperti erosi, slope sliding, structure yang rusak, dan lain-lain.

Program yang meliputi ketiga kegiatan pemeliharaan di atas disebut program pemeliharaan rutin. Namun karena kenyataannya di Indonesia kegiatan pemeliharaan ini kurang mendapatkan perhatian, maka kondisi bangunan / saluran drainase kota rata-rata dalam keadaan buruk. Untuk menangani keadaan bangunan dan saluran yang sudah menumpuk tidak dilakukan perbaikan ini diperlukan program Special Maintenance.

4.2 Program jangka pendek / transisi

Perencanaan dari sistem drainase pada pelita III/IV dulu berada di puncak pimpinan Directorate Sanitasi Lingkungan (PLP). PLP mempersiapkan rencana teknik dan desain secara keseluruhan dari sistem drainase di Indonesia. Waktu untuk mempersiapkan suatu rencana sangat bervariasi, terkadang sangat pendek dan memerlukan analisis yang mendetail seperti master plan sebuah kota, dimana diperlukan detail perbatasan dan informasi tografi yang memadai.

Idealnya proosal drainase perkotaan dipersiapkan berdasarkan master plan, dengan begitu hal tersebut

memenuhi tujuan jangka panjang yang ditetapkan dan meminimalisasi negatif impact yang diperkirakan.

Ada 3 alternatif dalam usulan jangka pendek ini, yaitu :

1. Alternatif pertama. Alternatif ini untuk pelaksanaan pekerjaan yang sangat urgent. Dalam alternatif ini dilakukan kegiatan secara paralel sbb. :

a) Pelaksanaan spesial maintenance terhadap kegiatan yang diidentifikasi sebagai prioritas pertama, agar masalah-masalah drainase perkotaan dapat ditangani secara cepat.

b) Menyiapkan master plan atau outline mengenai sistem drainase

c) Menyeleksi proposal dan mengadakan feasibility study setiap 5 tahun

d) Tindak lanjut dengan desain dan aplikasi yang lebih mendetail

2. Alternatif kedua, untuk aplikasi yang tidak begitu urgen. Tindakan yang dilakukan :

- a) Menyiapkan rencana detail untuk komponen yang diidentifikasi sebagai prioritas pertama.
 - b) selanjutnya sama seperti alternatif pertama point kedua b) sampai terakhir.
3. Alternatif ketiga. Alternatif ini bisa dipertimbangkan apabila waktu untuk persiapan perencanaan tersedia. Rencana tersebut harus mengikuti proses klasik dari master plan atau outline sebuah drainase perkotaan yang luas, diikuti dengan feasibility studi dan detail desain untuk aplikasi selama 5 tahun, dan harus mengevaluasikannya setiap jangka waktu yang ditetapkan.

4.3 Program jangka menengah (PJM) dan jangka panjang

Idealnya perencanaan drainase perkotaan harus mengikuti urutan tahapan master plan, feasibility studi dan detail desain. Namun karena kurangnya pendanaan dan keinginan untuk menyelesaikan masalah drainase secepat mungkin, kadang-kadang mendesak kepada

Pemerintah (Dit.Dep) untuk melakukan desain dan pelaksanaan secara langsung.

Perencanaan sistem drainase terpadu harus menggambarkan Eng Plan yang tepat, jadwal pelaksanaan dan O&M terhadap mayor sistemnya.

Teknik perancangan untuk mayor drainasenya adalah :

4.3.1 Master plan

Kata master plan disini mengarah kepada master plan sektor untuk perkembangan drainase. Dalam mempersiapkan master plan perkembangan perkotaan harus direncanakan (diperkirakan) untuk jangka waktu kurang lebih 25 tahun mendatang.

Master plan drainase paling tidak mencakup sebagai berikut:

- ❖ Inventarisasi dari system drainase utama, daerah yang sudah dilayani drainase secara penuh, daerah yang sarana drainasenya masih sangat terbatas, bahkan belum tersedia minor drainsenya.

- ❖ Identifikasi peta yang menggambarkan keadaan secara detail, daerah yang terkena banjir (dangkal maupun dalam), sebab-sebab terjadinya genangan, kedalamannya, frekwensi banjir dan jenis kerusakan yang terjadi.
- ❖ Identifikasi masalah yang berkaitan dengan drainase dan pengendalian banjir serta hubungannya dengan sektor perkotaan yang lain.
- ❖ Kajian terhadap kapasitas saluran drainase yang ada maupun kalaun direhabilitasi.
- ❖ Identifikasi terhadap alternative penyelesaian masalah drainase, pemilihan penyelesaian masalah secara overall dengan mempertimbangkan kelayakan baik ekonomi maupun lingkungan.
- ❖ Identifikasi solusi yang diinginkan untuk menyelesaikan genangan akibat pengaruh external.

- ❖ Perkiraan kasar biaya yang diperlukan untuk pembebasan tanah dan pemindahan penduduk.
- ❖ Rencana biaya kasar untuk melaksanakan master plan secara penuh dan dirinci menjadi beberapa rencana biaya untuk setiap sub areanya.
- ❖ Kajian terhadap economic feasibilitynya.
- ❖ Identifikasi terhadap kinerja lembaga yang sudah ada dan bagaimana caranya untuk memperkuat agar dapat melaksanakan proyek dengan baik termasuk hubungan antara satu lembaga dengan lembaga lainnya (misal antara Pemda Tk.I dengan Tk.II atau antara dinas dalam kabupaten yang bersangkutan).
- ❖ Identifikasi prioritas daerah yang perlu di study lebih lanjut, didetail disignkan dan dilaksanakan.

- ❖ Jadwal pelaksanaan secara umum serta kemungkinan adanya hambatan-hambatan dalam pelaksanaan.
- ❖ Kajian terhadap dampak yang mungkin timbul dengan adanya pelaksanaan pekerjaan pengembangan drainase.

Master plan harus ditunjang dengan adanya :

- ❖ Map topografi yang tepat dengan batas daerah penangkap hujan dan sub daerah penangkap hujannya
- ❖ Detail analisis hidrologi (puncak banjir, runoff, banjir sungai, pasang laut)
- ❖ Rencana yang tepat yang menunjukkan land use saat ini dan masa yang akan datang, tipe kepadatan daerah baik yang pervious maupun impervious
- ❖ Desain hidraulik sistem yang memadai

Master plan juga harus mengidentifikasi kebutuhan tambahan dalam melakukan survey dan penyelidikan yang dibutuhkan untuk kemungkinan studi dalam penerapan setiap 5

tahun. Spesifik Outline dari survey dan penyelidikan harus tersedia.

4.3.2 Feasibility

Selanjutnya disarankan untuk diadakan feasibility studi untuk menilai perkembangan sistem yang ada setiap 5 tahun. Beberapa point yang perlu diperhatikan dalam feasibility studi adalah :

- ❖ final seleksi dari beberapa alternative system, tingkat pelayanan, tipe pekerjaan, teknologi yang digunakan.
- ❖ outline rencana engineering yang cukup didukung oleh anggaran yang sesuai
- ❖ perkiraan mengenai kebutuhan pembebasan tanah dan relokasi penduduk.
- ❖ perkiraan mengenai anggaran yang dibutuhkan
- ❖ analisis kelayakan ekonomi / financial suatu proyek
- ❖ penilaian environmental impact
- ❖ institusional yang ditunjuk sebagai penanggung jawab dalam pelaksana
- ❖ desain criteria yang harus diaplikasikan

- ❖ Identifikasi survey dan penyelidikan yang diperlukan untuk detail desain
- ❖ Kajian terhadap kebutuhan O & M dan biayanya serta jadwal pelaksanaan dan jadwal pendanaannya.
- ❖ Perkiraan biaya untuk pengembangan minor drainasenya.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk melaksanakan study kelayakan, ada 5 bidang yang perlu diperhatikan (dikaji) yakni :

- Kelayakan teknis :Meyakinkan kepada semua pihak, bahwa secara teknis pekerjaan drainase ini layak dan cocok untuk mengatasi genangan banjir.
- Kelayakan ekonomis :Menyakinkan kepada pihak penyandang dana bahwa cost (biaya) lebih kecil dari benefit (manfaat / keuntungan).
- Kelayakan financial :Menunjukkan bahwa “pengelola drainase” akan mampu mengelola dan melakukan O & M serta retribusi yang

akan diterima cukup untuk membiayai kegiatan O&M.

- Kelayakan sosial : Menunjukkan bahwa proyek ini secara sosial menguntungkan masyarakat dan keberadaannya sudah tidak merugikan masyarakat setempat.
- Kelayakan lingkungan : Meyakinkan kepada instansi yang berwenang dan masyarakat setempat bahwa proyek ini tidak akan menimbulkan dampak lingkungan yang serius.

Feasibility studi harus *disupport* oleh :

- ❖ Detail hidrologi dan hidraulik analisis
- ❖ Description, analysis, dan evaluasi dari kondisi geoteknik
- ❖ Standar desain yang akan diaplikasikan
- ❖ Perencanaan yang pantas, gambar detail bangunan dalam format A3 atau A4
- ❖ Environmental impact assessment

- ❖ Data dasar anggaran biaya dan perincian perkiraan biaya yang diperlukan.

4.4 *Detail Design*

Studi detail desain harus terdiri dari :

- *Final design* hidraulik (kecuali untuk detail minor, desain sistem harus sudah dilakukan pada saat feasibility studi)
- *Final design* konstruksi dari saluran dan bangunan, dengan beberapa pertimbangan :
 - ❖ Ketersediaan material konstruksi
 - ❖ Metode pelaksanaan
 - ❖ Kebutuhan pembebasan tanah
 - ❖ Environmental impact
 - ❖ Penerimaan oleh public
 - ❖ Kebutuhan pengendalian dan operasional
- Perkiraan detail yang diperlukan untuk pembebasan tanah dan pemindahan penduduk
- Rencana anggaran biaya yang final

- Spesifikasi untuk operasi yang akan datang beserta pemeliharaan dan detail perkiraan anggaran yang diperlukan
- Jadwal pelaksanaan detail termasuk paket –paket konstruksinya

5 KRITERIA DESAIN

Batas kewajaran suatu proyek drainase, diatur oleh “kriteria desain”. Kriteria desain ini sebaiknya bersifat standard dan disetujui oleh pemilik proyek. Tujuannya untuk mematok “standarisasi” dan “ekonomisasi” pada proyek yang “padat biaya” ini.

Kriteria-kriteria tersebut tergantung pada besar kecilnya proyek yang dikerjakan. Setiap besaran proyek memiliki kriteria-kriteria desain yang berbeda.

Beberapa contoh kriteria desain pada beberapa proyek :

5.1 Kriteria ditinjau dari segi klimatologi atau oceanografi :

- Untuk periode ulang dari intensitas hujan :
DAS < 500 ha → 2 tahun
DAS < 1000 ha → 5 tahun
DAS > 1000 ha → 15 tahun
- Untuk periode ulang dari muka banjir sungai (sebagai muara drainase)

DAS < 500 ha → 2 tahun

DAS < 1000 ha → 5 tahun

DAS > 1000 ha → 15 tahun

DAS > 5000 ha → 25 tahun

- Jenis muka pasang air laut (sebagai muara drainase)
DAS < 1000 ha → MHTL (Mean High Tide Level) ¹⁾
DAS > 1000 ha → SHTL (Spring High Tide Level)

5.2 Kriteria ditinjau dari segi hidrografi atau land use :

- Analisis debit dan muka air banjir :
DAS < 500 ha → modified rasional
DAS > 500 ha → unit hidrograf
- Besarnya koefisien pengaliran untuk DAS relative datar (kemiringan tanah < 5 °), dapat digunakan tabel berikut :

Tabel 5.1 Koefisien pengaliran DAS

Kawasan	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran
Perkotaan	Kawasan Pemukiman : "Kepadatan rendah"	0.25 – 0.40

	Kepadatan sedang	0.40 – 0.70
	Kepadatan tinggi	0.70 – 0.80
	Dengan sumur resapan	0.20 – 0.30
	Kawasan Perdagangan	0.90 – 0.95
	Kawasan Industri	0.80 – 0.90
	Taman, jalur hijau, kebun dll	0.20 – 0.30
Pedesaan	Perbukitan, kemiringan < 20 %	0.40 – 0.60
	Kawasan jurang, kemiringan > 20 %	0.50 – 0.60 0.25 – 0.35
	Lahan dengan "terasering"	0.45 –
	Persawahan	0.55

Koefisien penyimpanan $C_s = 0.8$ untuk perkotaan

- Untuk DAS yang miring tabel tersebut diatas diberikan faktor sebagai berikut :

Miring DAS < 10 % dikalikan faktor 1.03

Miring DAS < 30 % dikalikan faktor 1.05

5.3 Kriteria ditinjau dari segi hidraulik :

- Koefisien kekasaran Basin dan Manning , adalah sebagai berikut :

Tabel 5.2 Koefisien Basin

Jenis dinding dan dasar saluran	Koefisien Basin
Berlapis semen yang sangat halus	0.061
Kayu, beton, atau bata tidak diplester	0.115
Paangan batu kali diberi siar	0.457
Berlapis tanah asli (kondisi baik)	0.847
Berlapis tanah asli (kondisi sedang)	1.298
Berlapis tanah asli (kondisi jelek)	1.744

Tabel 5.3 Koefisien Kekasaran Manning

Jenis dinding dan dasar saluran drainase	Koefisien Manning "n"
Pipa tertutup :	
Berdinding baja	0.013 – 0.017
Berdinding besi tuang	0.011 – 0.016
Berdinding baja galvanis bergelombang	0.021 – 0.030
Berdinding pra-cetak	0.011 – 0.013
Berdinding tanah liat masak bakar	0.011 – 0.013
Saluran terbuka :	
Dasar dinding diplester semen	0.011 – 0.015

Dasar dinding beton	0.014 – 0.019
Dasar dinding pasangan bata	0.012 – 0.018
Dasar dinding pasangan batu kali	0.017 – 0.030
Dasar dinding tanah liat asli bersih	0.016 – 0.020
Dasar dinding tanah rumput	0.025 – 0.033
Dasar dinding batu padas	0.025 – 0.040
Dasar dinding tanah tak dirawat	0.050 – 0.140
Saluran Alam	0.075 - 0.150

- Tinggi jagaan ("free board") saluran :
 - DAS < 500 ha → 20 cm
 - DAS < 1000 ha → 75 cm
 - DAS > 1000 ha → 100 cm

Pada Lokasi pantai, tinggi jagaan dapat direduksi 25 – 50 %²⁾
- Batas muka air banjir dapat ditanyakan pada staff desa atau kelurahan, penduduk usia lanjut, pengelola fasilitas, pemerintah daerah (tukang sapu, pegawai PLN, dll) atau dari data Tabung Perekam Tapak Genangan Banjir.

5.4 Kriteria ditinjau dari segi struktur :

- Jenis pelapis dinding saluran dan talud minimum
Tanah → 2 : 1 (horisontal : vertikal)
Batu Kali → 1.5 : 1³⁾
Beton → 1 : 1
- Angka keamanan analisis stabilitas dinding saluran terhadap
Guling : 1.5
Geser : 1.5
Resultante Gaya masuk dalam kern (1/3 tebal dinding)
- Surcharge (beban hidup) tambahan di tepi saluran
(t/m²)
DAS < 500 ha → 1
DAS < 1000 ha → 2
DAS > 1000 ha → 2

Catatan :

- 1) Periode ulang disamakan dengan periode ulang dari saluran yang bermuara ke laut tersebut

- 2) Untuk memungkinkan drainase disekitarnya memasuki saluran primer, meskipun ada pasang naik
- 3) horisontal 2 bagian, terhadap vertikal 1 bagian

6 DESAIN SALURAN DRAINASE

6.1 Perencanaan Saluran Drainase

Perencanaan saluran drainase perkotaan, secara umum merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari master plan perencanaan kawasan permukiman / kota beserta seluruh fasilitas lainnya.

Untuk merencanakan system drainase perlu suatu tahapan-tahapan sebagai berikut :

a) Studi dan penetapan lay out jaringan saluran drainase

Untuk melakukan studi ini perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a) Peta topografi daerah sekitarnya
- b) Peta tata guna tanah / lahan (land use)
- c) Rencana tata ruang wilayah (RTRW) perkotaan / pedesaan
- d) Master plan kawasan perkotaan / permukiman

- e) Prasarana dan sarana yang akan dibangun dan atau yang telah ada dalam kawasan
- f) Adanya ruang (space) untuk jaringan prasarana drainase
- g) Daerah rendah dan atau daerah genangan
- h) Adanya drainase alam missal alur sungai dalam kawasan atau didekatnya
- i) Sistem drainase yang telah ada pada daerah perkotaan/pedesaan

Dalam menetapkan lay out jaringan drainase biasanya sejalan / disesuaikan dengan hal-hal sebagai berikut :

- a) Tata letak perumahan dan fasilitas umum serta fasilitas sosial dalam master plan
- b) Jaringan prasarana jalan dalam master plan perkotaan
- c) Jaringan air bersih / air minum
- d) Jaringan utilitas lainnya

b) Perencanaan Teknis Sistem Drainase

1. **Perencanaan teknis sistem drainase** harus dilaksanakan berdasarkan hal-hal sebagai berikut :

- ❖ Ukuran topografi dan karakteristik infiltrasi daerah yang di drain
- ❖ Laju, waktu hujan dan limpasan
- ❖ Volume air yang ditahan dan waktu penguapan yang diijinkan
- ❖ Ketinggian relatif daerah yang tergenang dan alur drainase bagian hilir termasuk juga ketinggian muka air.
- ❖ Sifat hidrologi
- ❖ Sifat hidraulik
- ❖ Biaya konstruksi
- ❖ Biaya operasi dan pemeliharaan.

6.2. Debit Banjir Rencana

Pedoman yang dapat digunakan untuk memilih kala ulang banjir rencana untuk sistem drainase kota dapat dilihat pada point 6.1. sedangkan untuk memilih kala ulang banjir rencana untuk sistem drainase kota sepanjang jalan dapat diperiksa pada tabel dibawah ini;

**Tabel 6.1. Kala Ulang Banjir Rencana untuk Sistem Drainase
Kota Sepanjang Jalan**

Klasifikasi Jalan	Kala ulang Banjir Rencana (Tahun)
Bebas hambatan	5
Arteri	3
Kolektor	1
Lokal	1

Kala ulang yang diambil mempunyai fungsi dari ukuran DPS (catchment area), tataguna, topografi dan resiko kegagalan. Daerah industri dan daerah komersial direncanakan dengan kala ulang yang lebih tinggi dan wilayah pemukiman dengan kala ulang yang lebih rendah dalam wilayah / jangkauan yang ditentukan. Untuk pemilihan kala ulang atau banjir rencana, evaluasi ekonomi dari biaya dan manfaat (cost and benefit) sebaiknya dipertimbangkan.

7 ASPEK HIDROLIKA

7.1 . Umum

Alur tanah yang digali adalah bangunan yang paling biasa untuk menampung dan mengangkut air banjir. Agar erosi minimum maka, kecepatan aliran dalam alur drainasi tidak boleh melebihi nilai rancangan yang diijinkan. Jika dasar yang ada lebih curam dari kemiringan dasar rencana alur drainase, maka bangunan terjunan ditetapkan untuk menyesuaikan perbedaan elevansi. Dipilih alur drainase yang relatif dalam dan sempit karena sedimen cenderung mengendap dalam alur lebar yang menyebabkan meandering jika lebar dasar terlalu besar.

Persamaan manning dipakai untuk menentukan kapasitas/debit saluran drainase, nilai n manning untuk saluran drainase diberikan dalam Tabel 7.1. Saluran drainase tidak menampung air pada dasar secara menerus (a continued basis), akibatnya tanaman bisa tumbuh dan

menyebabkan kekasaran saluran bertambah besar. Oleh karena itu perencanaan teknis harus memasukan koefisien n Manning yang tepat yang mempertimbangkan tingkat kontrol tumbuhan yang diharapkan bisa dicapai.

7.2. Kecepatan Maksimum yang diijinkan

Kecepatan maksimum yang diijinkan adalah kecepatan yang tidak menyebabkan erosi atau rusaknya tebing saluran. Kecepatan saluran yang diijinkan bisa ditentukan berdasarkan data yang diberikan oleh U.S. Departement of Agriculture (1977) dengan menggunakan langkah-langkah berikut ini.

- ❖ Menentukan kecepatan dasar V_b untuk saluran lurus dengan kedalaman air 1 meter dengan menggunakan gambar 7.1.
- ❖ Menentukan faktor-faktor koreksi A,B,C dan D menggunakan gambar 7.2. Untuk menghitung variasi angka pori dalam struktur alur, kedalaman aliran belokan dan kala ulang banjir rencana.

Tabel 7.1 Variasi n Manning dengan VR

VR (m ² /dt)	0,009	0,020	0,030	0,051	0,059	0,073
n Manning	0,300	0,200	0,150	0,100	0,090	0,080

Catatan : V adalah kecepatan aliran (m/dt) dan R adalah radius hidrolis (m).

Tabel 7.2.

- ❖ Menentukan kecepatan maksimum yang diijinkan dalam saluran drainase material kohesif menggunakan persamaan berikut :

$$V_{\text{mak}} = V_b A B C D$$

Dengan :

V_{mak} = Kecepatan maksimum yang diijinkan (m/dt)

V_b = Kecepatan dasar (basic velocity) (m/dt)

A = Faktor koreksi void ratio permukaan saluran

B = Faktor koreksi kedalaman aliran

C = Faktor koreksi lekukan saluran

D = Faktor koreksi untuk kala ulang debit banjir rencana

7.3. Rencana Tampang Melintang

7.3.1 Memilih dan menetapkan bentuk penampang saluran

Dalam memilih dan atau menetapkan bentuk penampang saluran drainase perlu pertimbangan beberapa hal sebagai berikut :

- a) Tersedianya ruang atau lahan
- b) Data kepadatan penduduk
- c) Metode pelaksanaan pekerjaan di lapangan
- d) Efisiensi pembiayaan
- e) Saluran tertutup atau terbuka
- f) Kemudahan pemeliharaan saluran
- g) dan pertimbangan penting lainnya

Atas dasar hal-hal tersebut di atas, maka saluran dapat direncanakan berpenampang Trapesium, segi empat, lingkaran, setengah lingkaran dan lainnya.

7.3.2 Menentukan dimensi saluran

Dalam menentukan dimensi saluran sedapat mungkin diupayakan memiliki dimensi yang ekonomis yaitu dengan

penampang yang efisien tetapi dapat mengalirkan debit aliran secara optimal.

Untuk menetapkan atau menentukan dimensi saluran tersebut di atas perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

- a) Debit rencana saluran
- b) Perhitungan dimensi saluran berdasarkan pendekatan prinsip hidrolika
- c) Pengaturan kecepatan aliran yang secara langsung tergantung pada kondisi kemiringan dasar saluran
- d) Evaluasi saluran drainase harus lebih dalam dari saluran air yang lain (misalnya : saluran irigasi) dengan alasan sbb. :
 - Saluran yang lebih kecil dalam dan sempit memerlukan lebar tanah yang sempit, secara hidrolika lebih efisien dan biaya konstruksi lebih rendah dari saluran yang lebar dan dangkal.
 - Sistem drainase permukaan yang mengangkut debit dalam variasi yang lebih besar

- Saluran yang dalam lebih stabil pada debit rendah, mengingat saluran lebar lebih cenderung membentuk meanden.

Perbandingan lebar bawah saluran terhadap kedalaman aliran sebaiknya antara 1 dan 3 untuk saluran drainase sekundair yang kecil, dan sekurang-kurangnya 3 untuk saluran drainase yang lebih besar.

7.3.3. Menentukan desain struktur saluran drainase

Dalam menentukan desain struktur saluran perlu pertimbangan hal-hal sebagai berikut :

- a) Dimensi tampang basah saluran
- b) Kondisi tanah dasar
- c) Lingkungan sekitar
- d) Hal-hal yang dapat mempengaruhi pemilihan truktur desain saluran
- e) Tersedianya ruang (space) lahan
- f) Pertimbangan estetika, dll

7.3.4. Saluran dengan rumput

Kecepatan aliran yang lebih tinggi dan kemiringan yang lebih curam perlu dipertimbangkan dalam saluran yang ditutupi rumput dalam waktu yang lama.

Kecepatan maksimum yang diijinkan untuk tipe menggerombol sekitar 1 m/dt menurut Smith (1985).Kecepatan lebih tinggi bisa digunakan untuk rumput yang baik, distribusi seragam, dan rumput-rumput yang berdiri tegak. Untuk rumput ini kecepatan sampai 1,8 m/dt untuk kemiringan sampai 5%, 1.5 m/dt untuk kemiringan sampai 10 % Departement of Agricultural (1977) menetapkan bahwa nilai n Manning berhubungan dengan hasil kecepatan aliran dan radius hidrolik seperti dijelaskan dalam Tabel 7.2. untuk rumput-rumput yang secara tipikal bertangkai panjang.

Tabel 7.2. Variasi n Manning dengan V R1

VR (m ² /dt)	0,009	0,020	0,030	0,051	0,059	0,073
N Manning	0,300	0,200	0,150	0,100	0,090	0,080

Catatan : V adalah kecepatan aliran (m/dt) dan R adalah radius hidrolis (m).

7.3.5. Outlet

Sebuah system drainase melepaskan air ke dalam system penerima yang berupa :

- ❖ Saluran drainase alam / sungai
- ❖ Saluran
- ❖ Cengkungan
- ❖ Cengkungan local
- ❖ Sistem drainase utama
- ❖ Rawa-rawa atau daerah dataran rendah yang lain
- ❖ Laut
- ❖ Danau
- ❖ Waduk

Outlet system drainase mungkin mempunyai bangunan-bangunan seperti pintu air, gorong-gorong saluran curam. Bangunan outlet dengan system gravitasi dipilih dari pada system pompa, karena biaya investasi, operasi

dan pemeliharaan lebih murah. Elevansi air di system penerima sebaiknya tidak menimbulkan pembendungan yang merugikan pada sistem drainase.

Perendam energi atau kolam penenang digunakan untuk mencegah erosi yang disebabkan oleh kecepatan aliran keluar yang tinggi dan turbulensi.

7.3.6. Stasiun Pompa

Stasiun pompa digunakan jika elevansi air dalam system penerima berada di atas atau berfluktuasi di atas ketinggian daerah yang dilayani. Pada kondisi tertentu, genangan periodic dapat dibiarkan dan bangunan outlet cukup dilengkapi pintu air. Di Indonesia kondisi ini banyak terdapat di daerah kota yang sedang dikembangkan, sebagai contoh stasiun pompa digunakan sebagai bagian system drainase kota Jakarta.

Stasiun pompa biasanya terdiri dari bagian berikut :

- ❖ Peralatan pemompaan dan sistem pengendalian
- ❖ Struktur atas dan bawah rumah pompa
- ❖ Kolam pengumpul

- ❖ Saringan sampah
- ❖ Pipa outlet dan surge chamber (peredam kejutan air)
- ❖ Rumah tempat tinggal operator

Kolam pengumpul adalah salah satu komponen utama dan dibuat sebesar mungkin untuk mengurangi beban pemompaan, kapasitas pompa berdasarkan debit yang diperlukan untuk kapasitas banjir rencana, pemilihan banjir yang tepat tergantung pada beberapa factor, terutama tergantung pada banjir yang dilayani.

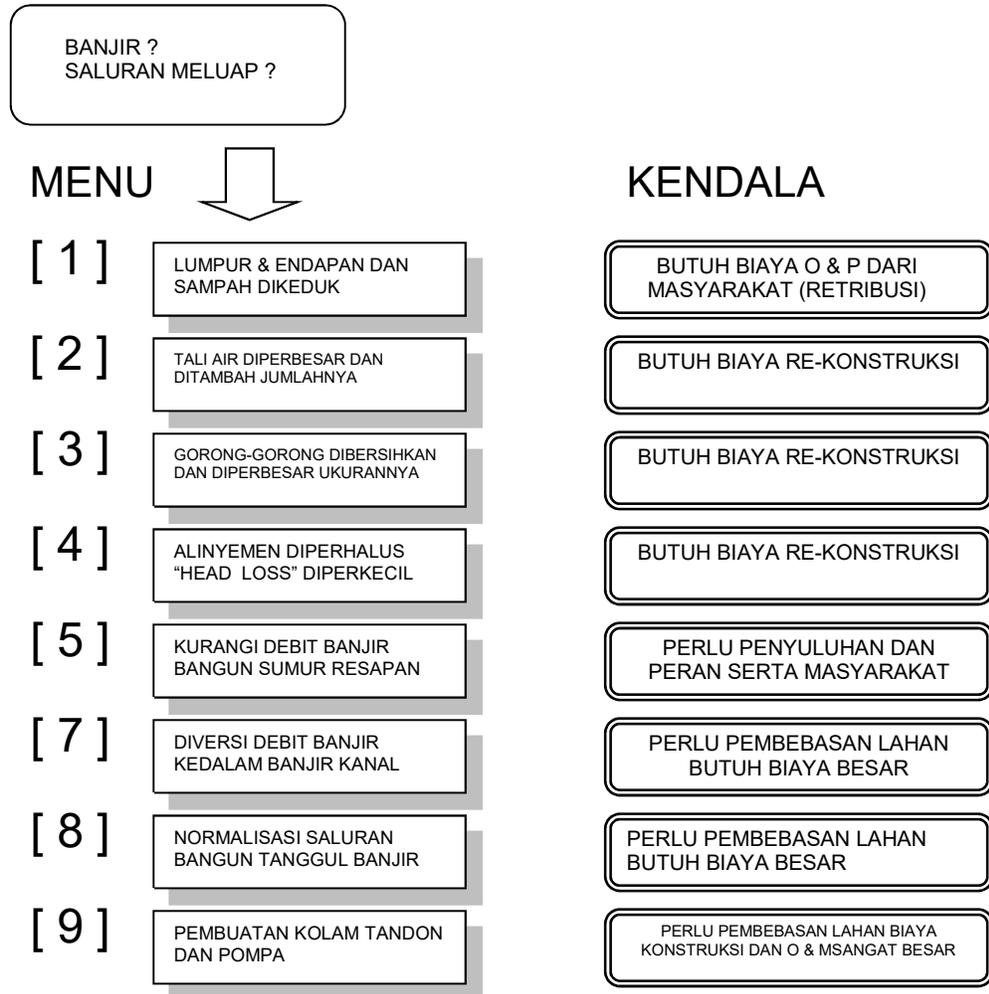
7.4. Perencanaan Tandon Banjir

7.4.1 Kapan dipakai tandon banjir ?

Kata "*Tandon*" berasal dari Bahasa Jawa, yang artinya **reservoir** atau waduk. Di Jakarta, anda tentu pernah mendengar waduk Pluit, Setiabudi, dll. Kalau di negeri Belanda, sering disebut Negeri Kincir Angin. Dulu, kincir angin ini dipakai untuk menggerakkan pompa polder.

Dinegeri kita, pemakaian **tandon banjir** bukan suatu keharusan. Kalau bisa, malahan harus dihindari, karena tandon banjir biasanya harus dilengkapi dengan pompa yang sulit dan mahal, *Operasi & pemeliharaannya*.

Secara skematis Gambar 7.3 memberikan urutan “**menu**” dan “**kendala**” penanganan banjir, dimana **tandon banjir dan pompa**, jatuh pada pilihan terakhir. Meskipun pada decade ini, “*normalisasi*”**saluran induk** sempat mencuat sebagai prioritas yang rendah, karena benturan yang tidak terelakkan dengan pembebasan lahan.



Gambar 7.3. Urutan Menu dan Kendala Penanganan Banjir

Pilihan untuk membangun kolam tendon mencuat, ketika saluran induk drainase harus bermuara pada lokasi yang sulit, seperti :

- ❖ Langsung ke-laut, dengan pasang naik yang tinggi
- ❖ Melewati tanggul sungai besar yang muka banjirnya tinggi.

Lokasi ini menyebabkan saluran induk drainase mengalami efek back-water. Khususnya, pada saat debit puncak drainase terjadi pada saat yang bersamaan dengan pasang naik air laut ataubanjir sungai besar, sehingga menimbulkan luapan dan banjir.

Untuk menurunkan muka air back water, ada dua pilihan yaitu:

- ❖ Saluran induk di-*“normalisasi”* (dilebarkan dan diperdalam).
- ❖ Dibuat **tandon banjir** dimuaranya. Kalau perlu dipasang pintu air, dan pompa untuk

memompa air tandon langsung ke-laut atau sungai besar.

Pada kawasan perkotaan, saluran induk melewati permukiman padat, kumuh, sehingga normalisasi tidak bisa lepas dari dampak negative, seperti :

- ❖ Memerlukan pembebasan lahan, pembongkaran rumah, pemindahan penduduk, *“relokasi”* fasilitas kota, memperpanjang jembatan kota, dll
- ❖ Pada banyak kasus, back water tidak berhasil diturunkan tuntas, sehingga masih memerlukan tanggul, akibatnya saluran sekunder / tertier sulit membuang alirannya ke saluran induk.
- ❖ Mempermudah air laut memasuki daratan, dan menyebabkan *intrusi air laut*.
- ❖ Dengan normalisasi, **endapan makin mudah terbentuk**. Semakin lebar sungai, maka kecepatan aliran berkurang drastis.

- ❖ Semakin lebar saluran, semakin sulit proses pengedukan lumpurnya. Paling tidak **harus dipakai alat berat**, padahal dulu cukup dikeduk dengan tenaga manusia.

7.4.2. Perhitungan Tandon / Waduk Banjir

Pada gambar 6.2 di bawah ini, digambarkan suatu tandon yang menampung Q_{banjir} dan pompa berkapasitas P yang mengeluarkan air tandon ke-laut atau sungai besar. Tentu saja akan berlaku **Hukum Kontinuitas**, dimana selisih debit keduanya akan diwujudkan sebagai perubahan volume tandon:

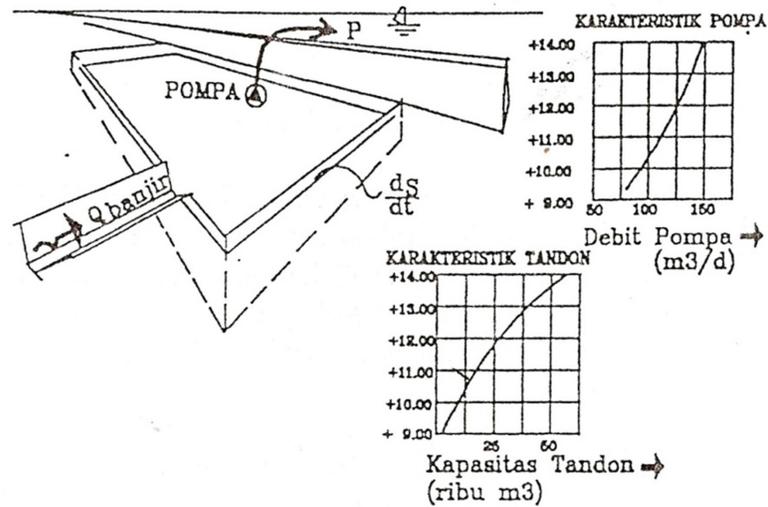
$$Q_{\text{banjir}} = P + \frac{d s}{d t}$$

dimana :

Q_{banjir} = Debit banjir yang masuk dan ditampung oleh tandon banjir (m^3/dt)

P = Kapasitas pompa yang mengeluarkan air dari tandon (m^3/dt)

$\frac{d s}{d t}$ = Laju perubahan simpanan tandon, sebagai fungsi dari waktu (m^3/detik)



Gambar 7.4. Tandon banjir dengan Pompa Sentrifugal

Untuk interval waktu t , persamaan tandon banjir dapat dituliskan:

$$\frac{Q_{\text{banjir } 1} + Q_{\text{banjir } 2}}{2} t - \frac{P_1 + P_2}{2} t = S_2 - S_1$$

Guna mempermudah hitungan bentuknya dapat disederhanakan :

$$0.5 (Q_{\text{banjir } 1} + Q_{\text{banjir } 2}) t + (S_1 - 0.5 P_1 t) = (S_2 + 0.5 P_2 t)$$

7.4.3. “Routing” terhadap sungai/saluran besar yang berfungsi sebagai tandon banjir

Dimusim kering sungai Bengawan Solo tak seberapa airnya, tetapi dimusim hujan, sungai ini penuh air. Dengan kata lain, sungai dapat berfungsi sebagai **tandon banjir memanjang** yang harus kita kenali perbedaannya dengan **tandon banjir lokal yang berupa waduk atau empang**.

Tabel. 7.2. Jenis Tandon

Jenis Tandon	Kenaikan Muka Air	Fluktuasi Muka Air
[a].Tandon local berupa waduk, empang, dll	Merebak serentak diseluruh permukaan tandon	Seragam diseluruh permukaan tandon / waduk
[b].Tandon memanjang (sungai,saluran besar)	Menjalar perlahan dari hulu ke hilir sungai	Bisa berbeda antara hulu sungai dan bagian hilirnya

“Methoda Muskingum” memberikan hubungan antara debit masuk dan keluar sungai / saluran besar sebagai berikut :

$$S = K [xI + (1 - x) O]$$

Dimana :

S = Volume cadangan tendon (m³)

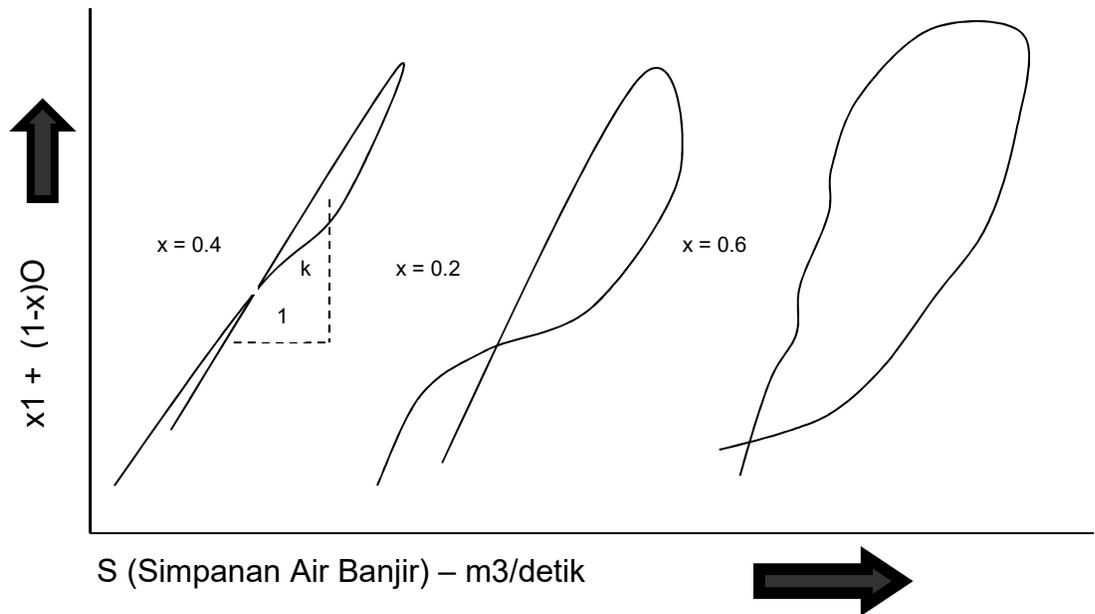
K = Koefisien cadangan (detik), untuk sungai / saluran tersebut

x = Koefisien untuk sungai / saluran tersebut.

I = Inflow, debit masuk di hulu sungai / saluran (m³/d)

O = Outflow, debit keluar di hilir sungai / saluran (m³/d)

Hubungan antara S dengan $[xI + (1-x)O]$ diperlihatkan pada Gambar 7.5 di bawah ini :



Gambar 7.4 Bentuk “Loop” Routing Sungai

Untuk harga “ x ” yang berada diperoleh bentuk “loop” yang berbeda. Kurva mana yang anda pilih ? Tentu saja, kurva yang **mendekati** garis lurus, supaya antara S dan $xI + (1-x)O$ terdapat hubungan “*linear*”, atau dengan kata lain, “ K ” merupakan bilangan tetap.

Nilai “**x**” dan “**K**” mencerminkan karakteristik sungai, dan telah diperoleh harganya. Selanjutnya, kita kembali pada **Persamaan umum Tandon Banjir** :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} t - \frac{O_1 + O_2}{2} t = S_2 - S_1 \text{ dan}$$

$$S_2 - S_1 = K [x (I_2 - I_1) + (1 - x) (O_2 - O_1)]$$

Dengan melakukan substitusi atas persamaan tersebut diperoleh hasil akhir :

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1$$

Dimana,

$$C_0 = \frac{Kx - 0.5t}{K - Kx + 0.5t}; C_1 = \frac{Kx + 0.5t}{K - Kx + 0.5t}; C_2 = \frac{K - Kx - 0.5t}{K - Kx + 0.5t}$$

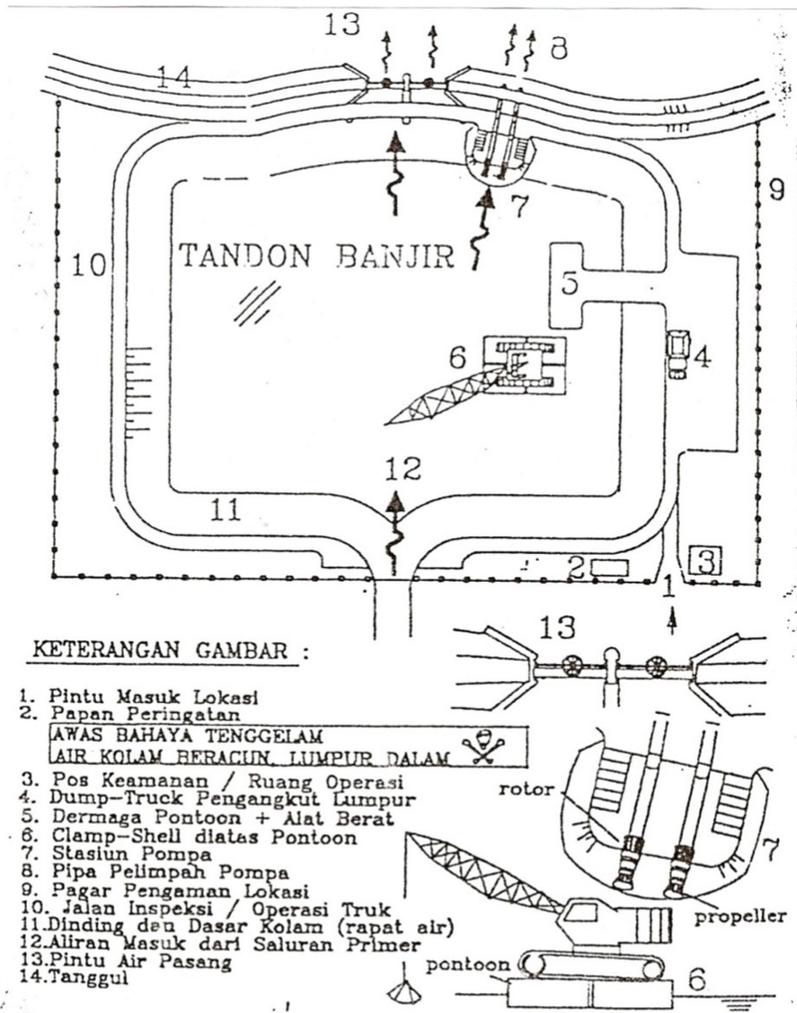
7.4.4 Konstruksi Tandon Banjir

Dinegara kita, sistem drainase juga dipergunakan pembuangan **air limbah / domestik dan industri**. Oleh karena itu, tandon banjir terpaksa berfungsi juga sebagai :

- ❖ **Penampung air limbah dan sampah domestic / industri**. Limbah ini dapat meresap dan mencemari

air tanah, kalau tandon banjir “bocor” pada bagian dasar atau dindingnya.

- ❖ IPAL (Instalasi Pengolah Air Limbah), karena pada musim kemarau tendon berfungsi sebagai *“anaerobic pond”*. Isi kolam mengalami *“retensi”* (penyimpanan) selama beberapa hari, sehingga *“bakteri anaerobic”* dapat hidup dan berkembang biak dengan sangat pesat. Bahan organik yang terkandung didalam air limbah dijadikan santapannya, sehingga *“BOD (Biochemical Oxygen Demand)”* menurun, dan kualitas air limbah dapat ditingkatkan. Tetapi Lumpurakan terjadi didasar kolam, sehingga produk sampingan bakteri terjadi.



Gambar 7.5. Tandon Banjir

Dalam dekade yang lalu, di Indonesia, mulai berkembang “sistem drainase berwawasan lingkungan” yang berupaya untuk meniadakan banjir sambil mengatasi pencemaran air tanah

secara simultan. Sistem drainase yang selama ini dibangun dinilai kurang berwawasan lingkungan, karena :

- ❖ Air hujan kurang dimanfaatkan, dan dibuang begitu saja ke sungai, laut, dll. Acapkali diperlukan dana investasi yang sangat besar, demi menjamin pengaliran air drainase ini. Saluran besar, waduk, pompa, tanggul, dibuat untuk melindungi kawasan perkotaan terhadap banjir.
- ❖ Pencemaran besar-besaran terhadap tanah, oleh limbah domestik, industri” bahkan B3 (Bahan Beracun Berbahaya) tidak teratasi dengan baik, karena sistem pengolahan air limbah (Sewerage) masih terlambat perkembanganya, tidak jarang air laut ikut-ikutan “menyerbu” air tawar (“intrusi air laut”). Sementara itu, air hujan kurang dimanfaatkan untuk mengatasi limbah dan air laut ini.

Sebenarnya, air hujan sangat potensial untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Paling tidak hujan bisa melarutkan dan mengencerkan limbah, serta mendesak air laut agar tidak merambah kedaratannya. Tetapi sistem “drainase konvensional”

yang ada, tetap mengalir sebagai air permukaan dan tidak berbuat apa-apa terhadap pencemaran yang sedang berlangsung dibawah tanah.

Munculnya konsepsi untuk menadah air hujan dan meresapkannya ke dalam lapisan tanah, segera mendapat sambutan positif dari segenap praktisi lingkungan, dan mendapat sebutan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan. Sekarang drainase bukan berfungsi untuk membebaskan perkotaan dari serangan banjir tetapi juga bertugas mengatasi pencemaran air tanah.

7.4.5.. Memilih Lokasi Untuk Sumur Resapan

Karena fungsinya untuk menadah air hujan, maka lokasi yang paling ideal adalah didekat pancuran talang dihalaman rumah. Tetapi belum tentu lapisan tanah pada lokasi tersebut dapat meresapkan air hujan dengan baik. Secara umum ada beberapa faktor yang perlu anda kaji sebelum menetapkan lokasi ini.

- Porositas Lapisan Tanah

Mudah dimengerti, bahwa lapisan tanah yang porous cocok untuk sumur resapan. Besar “porositas” didefinisikan sebagai:

$$n = \text{Porositas} = \frac{\text{Volume pori}}{\text{Volume Total}} (\%)$$

Bilamana butiran tanah sama besar dan seragam diameternya, maka porositas terpadat yang dapat dicapai adalah 26 % dan terlonggar adalah 47 %, tetapi dalam kenyataannya, butiran tanah tidak pernah seragam, karena ada butiran kecil dan besar tercampur jadi satu, sehingga relatif porositasnya lebih kecil dari pada angka-angka tersebut.

- **Permeabilitas Lapisan Tanah**

Daya resap tanah adalah identik dengan “permeabilitas tanah” yang selanjutnya didefinisikan sebagai daya dari tanah untuk meresapkan air yang dinyatakan dalam satuan panjang persatuan waktu.

Dari pengalaman yang ada, diketahui bahwa antara porositas dengan permeabilitas terdapat hubungan “empiris” sebagai berikut :

$$K = c.d \cdot 10^2$$

Dimana :

k = koefisien permeabilitas (m/hari)

d_{10^2} = besarnya diameter dimana 10 % dari jumlah material adalah lebih halus dari diameter ini.

c = koefisien yang besarnya antara 400 – 1200 (biasanya diambil 1000)

Bilamana jenis lapisan tanah telah ditetapkan, maka besarnya permeabilitasnya dapat diperkirakan dengan rumus empiris tersebut.

Tanah liat memiliki permeabilitas yang paling kecil (antara 10^{-6} sampai 10^{-4} meter/hari), sampai lapisan kerikil yang permeabilitasnya dapat mencapai 1000 sampai 10.000 meter/hari.

- **Memilih Lokasi Sumur Resapan pada Kontour Air Tanah**

Pemilihan lokasi sumur resapan hendaknya jangan dilihat porositas dan permeabilitas lapisan tanah, pada lokasi dimana sumur tersebut hendak digali, tetapi juga harus melihat lokasinya pada “kontour air tanah” yang ada.

Kontour air tanah terjadi secara alami, dan mencerminkan kemudahan air tanah menerobos lapisan tanah

dan mengalir dari tempat yang tinggi elevasinya ketempat yang lebih rendah.

Aliran ini diatur oleh Hukum Darcy pada resapan air tanah, sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$V = k.i$$

Dimana :

$$v = \text{kecepatan air} = Q / A$$

Q = debit resapan

A = luas tampang lapisan tanah (termasuk butirannya)

k = koefisien permeabilitas

i = “ kemiringan hidrollik” yang dalam hal ini dapat dirumuskan sebagai kemiringan tinggi tekan saja, karena tinggi kecepatan dapat diabaikan (resapan dalam tanah sangat kecil).

$$\text{Jadi : } i = \frac{dh}{ds},$$

Dimana :

h = tinggi tekan

s = jarak

Jadi untuk menetapkan lokasi sumur resapan kita harus memiliki peta kontour air tanah, yang biasanya dapat diperoleh dari berbagai sumber, antara lain :

- ❖ Direktorat Geologi di Bandung, menyediakan peta kontour air tanah untuk banyak lokasi di tanah air yang diperoleh dari data proyek pengeboran.
- ❖ Direktorat Jenderal Cipta Karya, memiliki data kontour air tanah yang diperoleh dari banyak proyek penyediaan air bersih.
- ❖ Dengan demikian pemilihan lokasi sumur resapan dapat disimpulkan sbb :
- ❖ Carilah lokasi pada kontour air tanah yang rengang, karena kemiringan muka air tanah pada lokasi tersebut kecil, sehingga lapisan tanah ditempat ini memiliki permeabilitas yang sangat besar dan sangat tepat untuk lokasi sumur resapan, yaitu dengan harapan dapat meresapkan air dengan cepat.

- ❖ Sebaliknya, jangan membuat sumur resapan pada lokasi dengan kontour air tanah yang rapat, karena lapisan tanah ditempat tersebut memiliki permeabilitas yang kecil, dan tidak tepat untuk lokasi sumur resapan.

7.4.6 Membangun Sumur Resapan

Sumur resapan diperlukan untuk menyadap aliran drainase di kawasan perkotaan, oleh karena itu sebagai lubang buatan manusia di dalam tanah untuk meresapkan air hujan, maka lubang tersebut dapat dibuat dengan berbagai cara berbeda-beda.

Oleh karena digunakan sebagai “(SRK)” Sumur Resapan Keluarga, maupun “(SRB)” Sumur Resapan Bersama (untuk beberapa keluarga), maka persyaratan berikut ini harus dipenuhi:

- ❖ Konstruksinya harus sederhana
- ❖ Dibuat tanpa peralatan yang canggih, murah biayanya dan cepat pembuatannya.
- ❖ Harus cukup dalam dan memiliki “kapasitas tandon” air yang memadai.

- ❖ Memiliki sarana perlindungan terhadap pencemaran yang memadai
- ❖ Aman terhadap anak-anak yang bermain disekitarnya.
- ❖ Bebas sarang nyamuk “Demam Berdarah” (oleh karena itu, lubang terbuka yang ada ditutup kawat nyamuk secukupnya)
- ❖ Mudah pemeliharaannya.

Sumur resapan berbentuk lingkaran yang dangkal (kurang dari 20 meter), karena khusus untuk mengalirkan air drainase, agar meresap ke dalam akuifer tak terkekang yang letaknya dekat pada permukaan tanah. Adapun bentuk dan ukuran sumur resapan ini dimaksudkan agar :

1. Diperoleh luas resapan yang memadai

Pada saat air drainase dimasukkan ke dalam sumur, air diharapkan meresap melalui dinding sumur, bilamana debit air yang meresap lebih sedikit dibanding debit air yang dimasukkan ke dalam sumur, maka terjadi kenaikan muka air sumur, oleh karena itu harus diperhitungkan suatu diameter sumur yang cukup memadai, sehingga dapat menampung dan meresapkan air drainase yang dimasukkan tanpa meluber.

2. Diperoleh kapasitas tandon yang memadai

Semakin besar diameter sumur, maka semakin besar volume penyimpanan air, dengan demikian untuk debit yang sama kenaikan muka air sumur yang terjadi tidak sedemikian besar, sehingga sumur tidak meluber. Didalam membuat sumur resapan, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- ❖ Cegah terjadinya longsoran dinding sumur yang dapat membahayakan jiwa pekerja yang sedang bekerja di dasar sumur, oleh karena itu diperlukan penyangga dinding sumur yang kuat, khususnya bila dijumpai lapisan tanah berpasir dengan butiran lepas yang mudah longsor. Dipihak lain pekerja menghendaki agar genangan air yang ada didasar sumur dipompa keluar, agar ruang gerak mereka semakin lebar, padahal pemakaian pompa besar dengan debit isap yang besar dapat menurunkan muka air tanah terlalu cepat, sehingga lebih mempermudah terjadinya longsoran dinding sumur.
- ❖ Waspada terhadap gas beracun yang kemungkinan terdapat di dasar sumur, seperti misalnya gas “karbon mono-oksida”,

karena lebih berat dari udara, maka gas ini suka “mengendap” di dasar sumur yang sedang digali. Cara tradisional sebagai deteksi dini adanya gas tersebut adalah dengan menyalakan lilin di dasar sumur, bilamana lilin tersebut mati, berarti pekerja harus segera keluar dari sumur yang sedang digali. Cara yang paling aman adalah dengan memberikan masker oksigen kepada pekerja yang sedang di dalam sumur.

- ❖ Sewaktu menggali jangan merusak kabel listrik, telepon, pipa air bersih, pipa gas yang ada di halaman anda, atau disekitar kawasan perkotaan. Kumpulkan informasi selengkapnya tentang letak dari fasilitas tersebut.

Konstruksi dinding sumur resapan dapat dibuat dari bermacam-macam termasuk pipa beton asalkan :

1. Kuat menahan beban tanah horisontal (tidak melengkung atau patah), oleh karena itu bentuk lingkaran dianggap paling kuat dan banyak dipakai, karena ini tidak menyebabkan “momen lentur” terhadap bahan dinding.

2. Sumur mempunyai pondasi yang kokoh. Khususnya untuk lapisan tanah dasar yang lembek. Jangan sampai sumur “ambblas” dan dindingnya retak-retak.
3. Dinding sumur harus cukup “perkolatif” (berlubang-lubang untuk rembesan). Kalau anda memakai buis beton mintalah yang memiliki lubang-lubang rembesan di dindingnya sebagai jalan rembesan air. Ukuran lubang ini tidak boleh terlalu besar, karena butiran tanah dapat “meleleh” memasuki sumur. Tetapi sebaliknya tidak boleh terlalu sempit, karena dapat mengurangi daya rembes sumur. Bilamana dipandang perlu, dibalik lubang perforasi ini diberi “konstruksi saringan kerikil” buatan dengan komposisi butiran kecil, dan disusul ukuran butiran yang semakin besar. Lebih baik lagi, bilamana lubang ditutup dengan ijuk untuk penyaring tanah.
4. Pakailah buis beton bentuk kerucut terpancung agar mudah diturunkan ke dalam lubang galian. Buis beton standar yang berbentuk silindris menimbulkan gesekan dengan dinding galian tanah. Setelah lebih dari dua potong buis berhasil dimasukan, makaselanjutnya harus ditekan

kebawah dengan gaya yang lebih besar. Hal ini dapat menimbulkan resiko pecahnya buis beton tersebut.

5. Usahakan dasar sumur terlindungi rapi. Hal ini untuk mencegah agar tanah yang ada di dasar sumur tidak “teraduk-aduk” kemana-mana, yang pada akhirnya menyumbat sumur resapan. Kalau dasar sumur sudah memiliki pelat landas beton sebagai pondasi sumur, maka pelat beton tersebut diberi lubang perforasi yang ditutup dengan ijuk dan saringan kerikil. Ada juga yang menutup dengan ijuk dan saringan kerikil. Ada juga yang menutup dasar dengan batu besar, kerikil, menurut gradasi semakin kebawah semakin besar butirannya. Jangan lupa menutup bagian atas dasar sumur dengan lapisan ijuk.
6. Sumur harus tertutup rapat, jangan sampai anak-anak terjatuh kedalamnya. Sarana pengaman berupa pagar dari pasangan batu bata, beton cukup handal untuk mengamankan anak-anak. Bisa juga sumur ditutup dengan pelat beton.
7. Jangan sampai nyamuk demam berdarah bersarang di dalam sumur resapan. Oleh karena itu tutuplah sumur

dengan kawat nyamuk, sehingga sela / lubang yang ada tidak dapat dimasuki nyamuk yang suka bersarang dan bertelur.

8. Jangan membuang limbah ke dalam sumur resapan. Dari semula aturannya sudah jelas, bahwa sumur resapan hanya untuk melayani air hujan saja. Boleh saja pihak lain membuang limbahnya ke dalam sumur resapan asalkan limbah tersebut sudah diolah sehingga memenuhi standar baku mutu air buangan ke dalam air tanah yang dikeluarkan oleh Pemerintah Daerah Tingkat I setempat.

SENARAI PUSTAKA

Badan Pusat Statistik, 2015. Dalam Angka 2014. Tondano

Chow V. T., 1964 .Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, Inc. New York

Gunadharma, 1997, Drainase Perkotaan.

Kementerian PU RI, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Pengembangan, 2011. Materi Bidang Drainase. Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP. Jakarta

Kementerian PU RI, Direktorat Jenderal Pengairan, 1986. Keputusan Direktur Jenderal Pengairan Nomor: 185/KPTS/A/1986 tentang Standar Perencanaan Irigasi. Jakarta

Kementerian PU RI, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Balai Wilayah Sungai I, 2004 s/d. 2014, Publikasi Data Hidrologi, Stasiun Paleloan-Tondano. Manado

Kementerian PU RI, 2014. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.



Achmad Syarifudin lahir di Palembang, Sumatera Selatan pada tanggal 19 Nopember 1960.

Menyelesaikan S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, S2 Teknik Sipil di Program Pasasarjana Universitas Gadjahmada Yogyakarta serta Pendidikan S3 (Doktor) pada Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Palembang.

Pada saat menempuh pendidikan S3, mendapatkan program beasiswa dari Kementerian Pendidikan Tinggi pada *Sandwich Programme* di IHE-UNESCO, Delft, The Netherland pada tahun 2011.

Pada tahun 2000 bergabung di Universitas Bina Darma pada Fakultas Teknik dan menjabat sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil (2000-2004).

Jabatan fungsional Lektor Kepala pada mata kuliah Mekanika Fluida & Hidraulika, Irigasi & Bangunan Air, Rekayasa Hidrologi, Rekayasa Sungai dan Drainase Perkotaan.

Sebagai Team Leader pada proyek penelitian HIBAH PUPT dari Dikti (2012 - sekarang).

Selain mengajar juga aktif di berbagai organisasi profesi antara lain HATHI (Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia), KNI-ICID, PII (Persatuan Insinyur Indonesai) dan LPJK (Lembaga Pengembang Jasa Konstruksi Indonesia) Provinsi Sumatera Selatan.

Team leader pada beberapa proyek strategis keairan antara lain pengendalian banjir kota Palembang (1997), pengendalian banjir sungai Lempuing (2005), Perkuatan tebing pengendalian banjir sungai Musi (2016)

