



DRAINASE PERKOTAAN



Humairo Saidah • Nur Khaerat Nur • Parea Rusan Rangan
Muhammad Ihsan Mukrim • Tamrin • Miswar Tumpu • Abd. Rakhim Nanda
Mardewi Jamal • Amrullah Mansida • Fenti Daud Sindagamanik



DRAINASE PERKOTAAN



UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- a. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- d. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Drainase Perkotaan

Humairo Saidah, Nur Khaerat Nur, Parea Rusan Rangan
Muhammad Ihsan Mukrim, Tamrin, Miswar Tumpu
Abd. Rakhim Nanda, Mardewi Jamal
Amrullah Mansida, Fenti Daud Sindagamanik



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Drainase Perkotaan

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2021

Penulis:

Humairo Saidah, Nur Khaerat Nur, Parea Rusan Rangan
Muhammad Ihsan Mukrim, Tamrin, Miswar Tumpu
Abd. Rakhim Nanda, Mardewi Jamal
Amrullah Mansida, Fenti Daud Sindagamanik

Editor: Ronal Watrianthos

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Humairo Saidah., dkk.

Drainase Perkotaan

Yayasan Kita Menulis, 2021

xiv; 166 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-120-1

Cetakan 1, Juni 2021

- I. Drainase Perkotaan
- II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa

Izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas nikmat dan karuniaNya kami Tim Penulis dapat menyelesaikan buku yang berjudul Drainase Perkotaan.

Drainase Perkotaan merupakan bagian materi yang dipelajari dalam bidang ilmu Rekayasa Teknik Sipil. Peran ilmu pengetahuan dalam bidang perencanaan dan pengelolaan drainase ini sangatlah strategis dalam mendukung pembangunan nasional, utamanya dalam upaya pengendalian banjir dan penataan kawasan perkotaan. Pengaturan dan pengendalian air adalah kunci pembangunan perkotaan yang berkelanjutan serta pilar utama bagi kesehatan masyarakat dan kesejahteraan sosial. Keberadaan sarana sanitasi lingkungan yang memadai dalam sistem drainase yang sehat dan berwawasan lingkungan dapat meningkatkan kesehatan manusia dan lingkungannya serta menjadi syarat mutlak bagi terwujudnya kota nyaman huni di era menuju smart city saat ini.

Buku ini disusun secara kolaboratif oleh para sivitas yang berasal dari Perguruan Tinggi baik negeri maupun swasta sebagai bentuk perwujudan atas pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi, untuk membantu para perencana dan para stakeholder yang berkecimpung dalam bidang drainase perkotaan.

Buku ini berisi berbagai materi seputar hal teknis perencanaan sistem drainase khususnya untuk wilayah perkotaan, yang terbagi dalam 10 bab yang menguraikan tentang:

- Bab 1. Pengenalan Drainase Perkotaan
- Bab 2. Sistem Drainase Perkotaan
- Bab 3. Dasar-Dasar Penilaian Dampak Lingkungan
- Bab 4. Dasar-Dasar Pengendalian Banjir
- Bab 5. Beban Drainase
- Bab 6. Bangunan Pengontrolan Drainase Perkotaan
- Bab 7. Analisis Statistik dan Analisis Intensitas Hujan
- Bab 8. Analisis Hidrograf

Bab 9. Desain Drainase Perkotaan**Bab 10. Alternatif Drainase Berwawasan Lingkungan**

Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi khalayak dan dapat menjadi sumbangsih bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Kami menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan buku ini, dan untuk itu masukan dan kritikan sangat kami nantikan bagi penyempurnaan buku ini.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan buku ini. Kami juga berterima kasih kepada Yayasan Kita Menulis yang telah berkenan menerbitkan buku ini.

Medan, Mei 2021
Penulis,
Humairo Saidah, dkk

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii

Bab 1 Pengenalan Drainase Perkotaan

1.1 Pendahuluan	1
1.2 Pengertian Drainase Perkotaan	2
1.3 Tujuan dan Fungsi Drainase	3
1.4 Sistem Drainase dan Komponennya	4
1.5 Pola Jaringan Drainase	5
1.6 Jenis Drainase	7
1.7 Drainase Ramah Lingkungan	10

Bab 2 Sistem Drainase Perkotaan

2.1 Pendahuluan	13
2.2 Pengertian Drainase	16
2.3 Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan	20
2.3.1 Umum	20
2.3.2 Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan	21
2.3.3 Pelaksanaan Konstruksi	27
2.3.4 Operasi dan Pemeliharaan	29
2.3.5 Pemantauan dan Evaluasi	31
2.3.6 Pembiayaan	33
2.4 Peran Masyarakat dan Swasta	33
2.5. Pembinaan dan Pengawasan	35

Bab 3 Dasar - Dasar Penilaian Dampak Lingkungan

3.1 Pendahuluan	37
3.2 Drainase Perkotaan	39
3.3 Analisis Mengenai Dampak Lingkungan	40
3.4 Dasar Penilaian	41

Bab 4 Dasar - Dasar Pengendalian Banjir

4.1 Pendahuluan.....	45
4.2 Metode Pengendalian Banjir	46
4.2.1 Metode Struktural	47
4.2.2 Metode Non Struktural.....	52

Bab 5 Permasalahan Dalam Bidang Pangan dan Gizi

5.1 Pendahuluan.....	57
5.2 Sistem Drainase	58
5.3 Sistem Drainase Tertutup.....	60
5.4 Sistem Penyaluran Air Buangan	62
5.5 Undang-Undang/Peraturan Tentang Drainase	63
5.6 Kaitan Antara Urbanisasi dan Drainase.....	66

Bab 6 Analisis Statistik dan Analisis Intensitas Hujan

6.1 Pendahuluan.....	71
6.2 Kriteria Penentuan Daerah Layanan (Sub Catchment Area)	72
6.3 Kriteria Pengukuran Topografi.....	73
6.4 Kriteria Hidrologi	74
6.4.1 Hubungan Antara Intensitas, Durasi dan Frekuensi.....	77

Bab 7 Analisis Hidrograf

7.1 Pendahuluan.....	83
7.2 Analisis Hidrograf	84
7.2.1 Aliran Dasar dan Kontribusinya.....	84
7.2.2 Hidrograf Satuan.....	85
7.2.3 Hidrograf Satuan Sintetik (HSS).....	88
7.2.4 Uji Penyimpangan Ordinat	94
7.2.5 Pemilihan Model.....	95
7.2.6 Hidrograf Banjir Rancangan.....	95

Bab 8 Desain Drainase Perkotaan

8.1 Pendahuluan.....	97
8.2 Karakteristik Hujan	101
8.2.1 Data Hujan.....	102
8.3 Desain Hidrolika.....	103
8.2.1 Aliran Air Pada Saluran Terbuka	103
8.2.2 Aliran Air Pada Saluran Tertutup	104
8.2.3 Bentuk-Bentuk Penampang Melintang.....	106

8.3 Rumus-Rumus Aliran Air	106
8.4 Perancangan Sistem Drainase.....	109
8.4.1 Data Perancangan	109
8.4.2 Kriteria Perancangan	111

Bab 9 Bangunan Pengontrolan Drainase Perkotaan

9.1 Pendahuluan.....	119
9.2 Pengertian Bangunan Drainase Perkotaan.....	121
9.3 Bangunan Pengontrolan Drainase Perkotaan	124
9.3.1 Bangunan Pengontrol Drainase Dengan Konvensional	125
9.3.2 Pengontrol Drainase Berwawasan Lingkungan	128

Bab 10 Alternatif Drainase Berwawasan Lingkungan

10.1 Pendahuluan.....	139
10.2 Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan.....	143
10.2.1 Sumur Resapan Air Hujan	144
10.2.2 Lubang Resapan Biopori (LRB)	146
10.2.3 Saluran Drainase Berpori Berwawasan Lingkungan.....	148

Daftar Pustaka	151
Biodata Penulis	159

Daftar Gambar

Gambar 1.1: Drainase Sistem Gabungan.....	8
Gambar 1.2: Drainase Sistem Terpisah.....	8
Gambar 2.1: Sistem Drainase Perkotaan	14
Gambar 2.2: Banjir Merendam Kawasan Jalan S. Parman, Jakarta Barat ...	15
Gambar 2.3: Sistem Drainase Kota Makassar Dinilai Masih Butuh Peningkatan	16
Gambar 2.4: Skema Sistem Drainase Perkotaan.....	17
Gambar 2.5: Perencanaan Sistem Drainase.....	23
Gambar 2.6: Pola Penanganan Drainase Perkotaan dan Drainase Lingkungan	24
Gambar 2.7: Pengelolaan Drainase Perkotaan Secara Terpadu Berwawasan Lingkungan (Ecodrain)	25
Gambar 2.8: Drainase Berwawasan Lingkungan Skala Parsil	26
Gambar 2.9: Drainase Berwawasan Lingkungan Skala Wilayah.....	26
Gambar 2.10: Gambar Kerja Drainase.....	28
Gambar 2.11: Drainase Jalan	28
Gambar 2.12: Street Inlet	29
Gambar 2.13: Operasi dan Pemeliharaan.....	30
Gambar 2.14: Partisipasi Masyarakat Dalam Membangun Drainase.....	34
Gambar 4.1: Pengendalian Banjir Metode Struktur dan Non Struktur.....	47
Gambar 4.2: Konsep Detensi Dalam Hidrograf Banjir.....	48
Gambar 4.3: Model Detention Basin Berdasarkan Tipe dan Lokasi	49
Gambar 4.4: Layout Detention Basin Untuk Beberapa Kala Ulang Banjir ..	50
Gambar 5.1: Contoh Bak Kontrol (Manhole) Pada Saluran Tertutup	62
Gambar 7.1: Komponen Hidrograf	85
Gambar 7.2: Pemisahan Aliran Dasar Dengan Variable Slope Method	86
Gambar 7.3: Komponen Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	90
Gambar 7.4: Hidrograf satuan sintetik Snyder	92
Gambar 8.1: Lengkung Hujan Untuk Berbagai Kala Ulang	102
Gambar 8.2: Macam - Macam Bentuk Penampang Saluran.....	106
Gambar 8.3: Bentuk Saluran Drainase.....	113

Gambar 9.1: Salah Satu Permasalahan Drainase Perkotaan.....	121
Gambar 9.2: Ilustrasi Drainase Yang Tidak Berfungsi Dengan Baik.....	125
Gambar 9.3: Bangunan Pengontrolan Gorong-Gorong.....	126
Gambar 9.4: Box Culvert Dengan Konstruksi Jalan di Atasnya.....	127
Gambar 9.5: Pintu Air Sebagai Pengontrol Air Pasang (ROB) Masuk Melewati Kanal Pabaeng-Baeng Makassar	127
Gambar 9.6: Ilustrasi Sumur Resapan.....	129
Gambar 9.7: Ilustrasi Lubar Resapan Biopori	130
Gambar 9.8: Ilustrasi Sistem Polder di Belanda.....	131
Gambar 9.9: Ilustrasi Kolam retensi untuk Drainase	135
Gambar 9.10: Ilustrasi Penampungan Air Hujan	137
Gambar 10.1: Kondisi Banjir di Makassar 2013.....	140
Gambar 10.2: Saluran Drainase Konvensional	144
Gambar 10.3: Sumur Resapan Air Hujan	145
Gambar 10.4: Contoh Lubang Resapan Biopori.....	146
Gambar 10.5: Pengambilan Data di Laboratorium	149
Gambar 10.6: Model Saluran Drainase Berpori Berwawasan Lingkungan.....	149

Daftar Tabel

Tabel 6.1: Reduced Variate (Yr)	75
Tabel 6.2: Periode ulang.....	78
Tabel 6.3: Besarnya Koefisien Pengaliran.....	79
Tabel 8.1: Kemiringan Saluran Versus Kecepatan Rata - Rata Aliran.....	107
Tabel 8.2: Kecepatan Aliran yang Diizinkan Pada Bahan Dinding dan Dasar Saluran.....	108
Tabel 8.3: Kemiringan Dinding Saluran Berdasarkan Bahan Saluran	108
Tabel 8.4: Koefisien Pengaliran (C).....	112
Tabel 9.1: Jarak Minimum Sumur Resapan Terhadap Bangunan Lainnya .	135

Bab 1

Pengenalan Drainase Perkotaan

1.1 Pendahuluan

Drainase berasal dari kata *drainage* yang berarti mengataskan, mengeringkan, atau membuang air. Drainase merupakan sebuah sistem yang ditujukan untuk menangani masalah air berlebih yang tidak diperlukan baik yang mengalir di atas permukaan tanah maupun yang berada di bawah permukaan tanah. Kelebihan air ini dapat bersumber dari limpasan akibat hujan (excess rainfall) ataupun berasal dari air buangan limbah dari pemukiman.

Di lingkungan pemukiman, drainase berfungsi sebagai sarana sanitasi untuk mencegah menggenangnya air yang mengganggu kenyamanan dan kesehatan lingkungan, sekaligus sebagai sarana untuk mencegah banjir. Banjir yang terjadi di wilayah pemukiman sering kali disebabkan oleh gagalnya saluran drainase membuang kelebihan air tersebut. Di mana curah hujan yang tinggi tidak diimbangi dengan kapasitas saluran yang memadai atau bahkan tertutup oleh sampah.

Selain membuang air dari wilayah pemukiman, drainase juga diaplikasikan pada kegiatan pertanian untuk mencegah genangan air terlalu lama berada di sawah. Karena keberadaan genangan air di sawah pada jenis tanaman tertentu dapat mengganggu pertumbuhan karena akar tanaman akan sulit bernafas

hingga mengalami busuk akar akibat tanah yang mengalami kenyang air (waterlogging).

Drainase juga diterapkan di bawah permukaan tanah untuk mengataskan daerah yang ada di atasnya yang harus bebas genangan seperti lapangan bola. Selain untuk mengeringkan lapangan bola, drainase bawah permukaan juga digunakan untuk menurunkan kandungan air pori yang ada dalam tanah guna mencegah gagalnya dinding penahan tanah. Drainase bawah permukaan juga dapat berfungsi untuk mengontrol kualitas air tanah khususnya yang terkait dengan masalah salinitas.

1.2 Pengertian Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan (urban drainage) adalah bagian dari ilmu drainase yang mempelajari teknis pengeringan wilayah perkotaan yang sangat erat terkait dengan masalah kesehatan lingkungan serta estetika kawasan kota. Definisi kawasan perkotaan biasa digambarkan menggunakan kriteria banyaknya jumlah penduduk. Namun batasan jumlah penduduk tersebut tidaklah berlaku secara universal, melainkan berbeda-beda antar satu negara dengan negara lain tergantung tingkat kepadatan negaranya. Namun secara umum dapat dikatakan bahwa kawasan perkotaan adalah suatu kawasan yang memiliki jarak antar bangunan tidak lebih dari 200 meter dan jumlah penduduk lebih dari 2000 jiwa (Angelakis et al., 2017).

Gambaran tersebut menyiratkan bahwa kawasan perkotaan memiliki kepadatan bangunan serta populasi manusia yang tinggi. Kebutuhan perumahan yang tinggi sebagai konsekuensi peningkatan laju pertumbuhan penduduk ditambah beban urbanisasi, telah memicu alih fungsi lahan di perkotaan sehingga mengurangi kemampuan lahan untuk meresapkan air sekaligus meningkatkan volume limpasan dan menambah beban drainase.

Padatnya populasi dan curah hujan yang tinggi adalah dua faktor utama penyebab banjir yang menuntut kota memiliki sistem drainase yang baik. Di antara kawasan perkotaan yang harus dilengkapi sarana drainase adalah daerah pemukiman, kawasan industri, lapangan olah raga, lapangan parkir, jalan raya, bandar udara serta fasilitas umum seperti sekolah, rumah ibadah dan rumah sakit.

Penanganan drainase di wilayah perkotaan sering kali merupakan masalah yang rumit yang tidak dapat diselesaikan hanya dari aspek teknis yaitu membangun sarana pembuangan air saja, namun membutuhkan pendekatan menyeluruh termasuk aspek sosial, budaya dan kebiasaan masyarakat. Mengingat kompleksnya penanganan masalah kota, maka desain sistem drainase perkotaan harus memperhatikan dan memasukkan variabel desain seperti tata guna lahan, rencana tata ruang wilayah kota, serta kondisi sosial ekonomi masyarakat (Hasmar, 2011).

1.3 Tujuan dan Fungsi Drainase

Pada dasarnya tujuan dari drainase adalah menciptakan lingkungan yang sehat dan nyaman dengan cara mengendalikan kelebihan air yang ada di suatu kawasan. Paradigma lama drainase adalah membuang kelebihan air tersebut secepatnya menuju saluran atau badan air penerima terdekat.

Namun seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan peningkatan kesadaran akan kebutuhan teknologi yang berwawasan lingkungan, maka konsep membuang air secepatnya ke saluran sudah mulai ditinggalkan. Paradigma baru dalam penanganan masalah drainase saat ini adalah memberi kesempatan sebanyak-banyaknya air untuk lebih dahulu meresap ke dalam tanah sebelum akhirnya kelebihan air dibuang melalui sistem saluran.

Dengan sistem peresapan, air yang diresapkan ke dalam tanah akan mengisi cadangan air tanah sehingga menambah tinggi muka air tanah. Selain dapat mencegah intrusi air laut, ketinggian muka air tanah sangat bermanfaat dalam menjaga elevasi muka air di sumur masyarakat serta dapat keluar sebagai mata air dan menjamin aliran air tersedia bagi sungai-sungai terdekat.

Sedangkan secara teknis fungsi dari drainase adalah sebagai berikut:

1. Mengeringkan/mengatuskan bagian wilayah perkotaan dari adanya genangan serta secepatnya membuang ke badan air penerima yang terdekat. Ini merupakan fungsi utama dari pembangunan sistem drainase perkotaan.
2. Meningkatkan keindahan dan kesehatan lingkungan serta memberi rasa aman dari kemungkinan banjir
3. Mengangkut air limbah (waste water)

4. Meresapkan air permukaan ke dalam tanah untuk tujuan konservasi dan kelestarian air tanah
5. Mengatur elevasi muka air tanah melalui sistem drainase bawah permukaan
6. Meminimalkan kerusakan jalan dan bangunan, sehingga dapat memperpanjang usia ekonomis bangunan yang telah ada
7. Menjadi alternatif sumber air baku
8. Mencegah erosi khususnya di daerah perbukitan

1.4 Sistem Drainase dan Komponennya

Sistem drainase adalah merupakan serangkaian sarana dan prasarana yang digunakan untuk mengurangi atau membuang kelebihan air pada suatu wilayah atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004)

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 tahun 2014 pasal 1 ayat 3-5 menyebutkan definisi sistem drainase perkotaan adalah satu kesatuan sistem teknis dan non teknis dari prasarana dan sarana drainase perkotaan. Prasarana drainase adalah saluran air, baik di atas permukaan maupun bawah permukaan tanah, dan sarana drainase adalah bangunan pelengkap yaitu seluruh bangunan yang ikut mengatur dan mengendalikan sistem aliran air.

Sistem drainase pada suatu kawasan perkotaan umumnya dibuat secara terintegrasi dan saling terhubung antar kawasan. Hal ini disebabkan karena biasanya daerah perkotaan memiliki badan air penerima (misal sungai atau danau) dalam jumlah yang terbatas. Sehingga dalam pembangunannya sering kali drainase perkotaan menjadi sistem yang sangat kompleks serta membutuhkan berbagai komponen pendukung.

Komponen yang ada dalam sistem drainase ini di antaranya adalah (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012; Suripin, 2004):

1. Sistem saluran. Dari bagian paling hulu yaitu atau saluran penerima (interceptor drain), saluran pembawa (conveyor drain), saluran induk (main drain) dan badan air penerima (receiving waters) yaitu sungai, danau atau laut;

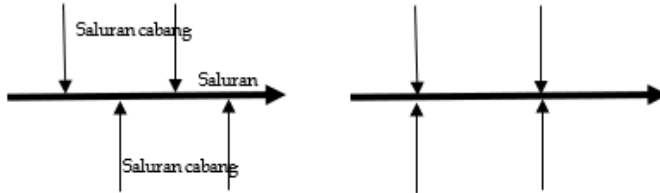
2. Bangunan pelengkap atau fasilitas lain, seperti:
 - a. bangunan perlintasan (gorong-gorong, siphon, jembatan air atau talang (aquaduct)),
 - b. bangunan pemecah energi (bangunan terjun, kolam olak, peredam energi),
 - c. pintu air,
 - d. stasiun pompa,
 - e. bak kontrol/manholes, street inlet,
 - f. Sumur resapan, yaitu bangunan yang berupa sumuran yang berfungsi meresapkan air hujan ke dalam tanah yang berasal dari atap bangunan,
 - g. kolam retensi, yaitu kolam yang berfungsi menampung serta meresapkan air hujan ke dalam tanah,
 - h. kolam detensi, yaitu kolam yang berfungsi memotong puncak banjir dengan cara menampung sementara air hujan (banjir) hingga waktu tertentu dan mengalirkan kembali jika muka air sungai telah menurun,
 - i. kolam tandon, adalah kolam yang digunakan untuk menampung air hujan untuk dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber air baku,
 - j. instalasi pengolah limbah, dan lain-lain.

1.5 Pola Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase pada umumnya saling terhubung dan membentuk suatu pola jaringan tertentu. Berikut ini disajikan beberapa pola jaringan drainase (Wesli, 2008).

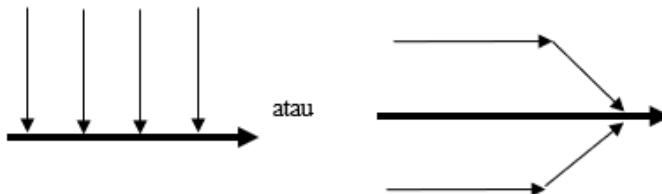
Pola siku

Pola siku yang terbentuk antara saluran cabang dan saluran utama ini cocok diterapkan pada daerah yang memiliki topografi lebih tinggi dari sungai sebagai badan air penerima dan sungai utama berada di tengah kota



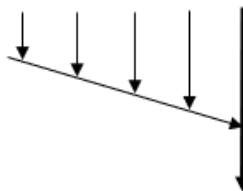
Paralel

Pola paralel ditunjukkan dengan arah saluran utama sejajar dengan saluran cabang.



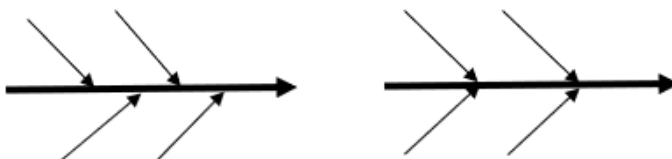
Pola Grid Iron

Pola grid iron ini mengumpulkan aliran dari saluran cabang ke saluran pengumpul kemudian dialirkan ke saluran utama



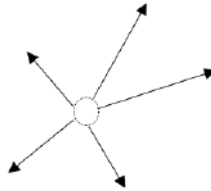
Pola Alamiah

Hampir sama dengan pola siku hanya saja alirannya tidak selalu membentuk posisi menyiku terhadap saluran utama.



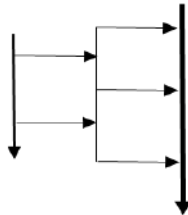
Pola Radial

Pola jaringan ini menyebar dari sumber air ke segala arah. Pola ini cocok untuk daerah perbukitan



Pola Jaring-jaring

Pola ini mempunyai saluran yang mengikuti arah jalan raya yang sangat cocok untuk daerah dengan topografi yang datar.



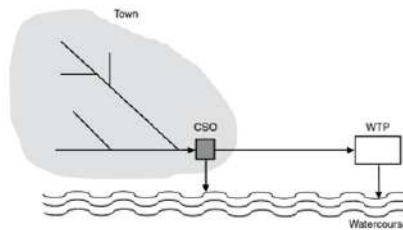
1.6 Jenis Drainase

Pembagian jenis dan tipe drainase dikelompokkan dalam beberapa jenis sebagai berikut (Buttler et al., 2018; Wesli, 2008):

1. Menurut proses terbentuknya
 - a. Drainase alamiah (natural drainage), yaitu drainase yang terbentuk secara alami sebagai hasil dari proses alam. Misalnya avoor, sungai, dan danau.
 - b. Drainase buatan (artificial drainage), yaitu drainase yang sengaja dirancang dan dibangun oleh manusia untuk tujuan tertentu. Misalnya saluran dan bangunan pelengkap drainase.

2. Berdasarkan sistem pengalirannya

- a. Sistem gabungan. Sistem ini mengalirkan air hujan dan air buangan melalui saluran terbuka atau pipa-pipa secara tercampur. Drainase sistem gabungan ini digunakan hampir di seluruh kota-kota di Indonesia.



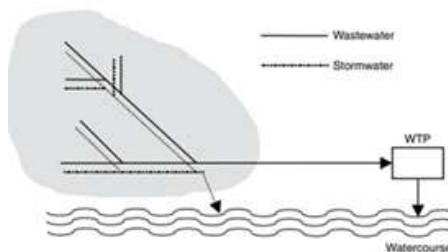
Gambar 1.1: Drainase Sistem Gabungan (Buttler et al., 2018)

Keterangan gambar:

CSO (Combined sewer Overflows)

WTP (Water Treatment Plant)

- b. Sistem terpisah. Sistem ini mengalirkan air hujan dan air buangan melalui saluran terbuka dan tertutup atau pipa-pipa secara terpisah yang biasanya diletakkan secara berdampingan. Dengan memisahkan aliran limbah dari air hujan, kemungkinan tercemarnya air hujan oleh air limbah dapat dicegah, dan air hujan dapat segera dibuang ke laut sedangkan hanya air limbah yang akan diolah di instalasi pengolahan air limbah.



Gambar 1.2: Drainase Sistem Terpisah (Buttler et al., 2018)

Sistem ini selain lebih kompleks juga mahal biaya pembangunannya. Sistem drainase terpisah banyak ditemukan di negara maju seperti UK, Jerman, Denmark, dan lain-lain.

- c. Sistem hibrid, merupakan sistem terpisah sebagian dan sebagian lagi sistem gabungan/campuran. Banyak kota menerapkan sistem hibrida ini karena alasan tidak disengaja, karena pengembangan kota baru menggunakan sistem terpisah menyertakan sebagian kecil bagian dari kota lama yang dikeringkan dengan sistem gabungan.
3. Berdasarkan letaknya
- a. Drainase permukaan (surface drainage), adalah sistem drainase dengan saluran yang berada di atas permukaan tanah dan mengalirkan airnya secara gravitasi.
 - b. Drainase bawah permukaan (sub surface drainage), adalah sistem drainase yang dialirkan melalui bawah permukaan dengan cara membuat konstruksi (biasanya menggunakan pipa yang berlubang pada bagian atasnya) yang ditanam pada kedalaman tertentu membentuk jaringan di bawah permukaan dan terhubung dengan sistem drainase kota.

Drainase bawah permukaan biasa diaplikasikan untuk mengeringkan lahan pertanian, untuk mencegah longsor pada lahan berkemiringan, untuk drainase bawah jalan kereta api, untuk drainase lapangan udara pada bagian jalan/apron, runway dan taxiway, untuk drainase lapangan olah raga seperti lapangan bola, lapangan golf, lapangan atletik dan sebagainya.
4. Berdasarkan konstruksi
- a. Drainase saluran terbuka. Jenis ini biasanya dipilih untuk mengalirkan air hujan dan juga drainase di wilayah pinggiran kota.
 - b. Drainase saluran tertutup. Jenis ini lebih dipilih untuk mengalirkan air limbah yang jika dialirkan secara terbuka dapat mengurangi keindahan juga rawan mencemari lingkungan yang dilalui. Selain itu jenis ini juga sering digunakan untuk drainase

di kota besar yang memiliki lahan terbatas, di mana bagian atas dari saluran drainase yang tertutup dapat dimanfaatkan sebagai trotoar untuk pejalan kaki.

5. Menurut tujuan pembangunannya
 - a. Drainase perkotaan,
 - b. Drainase untuk pertanian,
 - c. Drainase lapangan terbang,
 - d. Drainase jalan raya,
 - e. Drainase lapangan olah raga,
 - f. Drainase tanggul penahan tanah,
 - g. Drainase pada tubuh bendungan/tanggul tanah,
 - h. Drainase pada lahan gambut,
 - i. Dan sebagainya.

1.7 Drainase Ramah Lingkungan

Konsep drainase konvensional yang membuang air secepat-cepatnya yang dikembangkan saat ini dirasa turut berperan pada timbulnya berbagai masalah lingkungan yang terjadi, seperti banjir di wilayah hilir, kekeringan di bagian tengah dan hulu, keringnya titik-titik mata air, penurunan muka air tanah, intrusi air laut, dan sebagainya. Jika hal ini terus berlanjut, maka dapat memperburuk situasi perkotaan yang juga menghadapi dampak dari perubahan iklim global saat ini. Sistem drainase yang buruk, ditambah naiknya muka air laut, dan penurunan muka air tanah yang memicu *land subsidence*, dapat menyebabkan kota tenggelam.

Hal ini patut menjadi pemikiran semua pihak untuk mencari pendekatan terbaik bagi solusi permasalahan drainase tanpa menimbulkan masalah yang baru. Konsep baru yang berkembang saat ini adalah drainase ramah lingkungan yang dikenal dengan istilah *ecodrainage* yang menggabungkan upaya untuk pencegahan banjir sekaligus konservasi air. Konsep utama *eco drainage* adalah meresapkan air sebanyak-banyaknya ke dalam tanah secara alamiah. Konsep ini juga memperhatikan kemampuan kapasitas sungai sebagai badan air penerima, di mana pembuangan ke sungai tidak boleh melebihi kapasitas sungai sebelumnya (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012).

Beberapa jenis drainase ramah lingkungan yang dapat diterapkan di Indonesia di antaranya adalah lubang biopori, kolam konservasi (retensi dan detensi), sumur resapan, parit infiltrasi, rorak, river side polder, pengembangan areal perlindungan air tanah (ground water protection area), serta penampung air hujan (PAH).

Bab 2

Sistem Drainase Perkotaan

2.1 Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk dan kepadatan penduduk yang cepat menimbulkan tekanan terhadap ruang dan lingkungan untuk kebutuhan perumahan kawasan jasa/industri yang selanjutnya menjadi kawasan terbangun. Kawasan perkotaan yang terbangun memerlukan adanya dukungan prasarana dan sarana yang baik yang menjangkau kepada masyarakat berpenghasilan menengah dan rendah.

Kerugian yang ditimbulkan oleh genangan dan luapan air permukaan tidak hanya berakibat pada aspek kenyamanan lingkungan (terutama pada pasca banjir) atau terganggunya aktivitas kehidupan penduduk dan perkotaan secara umum, tetapi juga berpotensi menimbulkan penyakit bagi masyarakat. Di daerah perkotaan, drainase dibuat untuk mengalirkan air yang berasal dari hujan maupun air buangan agar tidak terjadi genangan yang berlebihan pada suatu kawasan tertentu. Drainase yang ada di perkotaan ini saling terkait dalam suatu jaringan drainase dan membentuk satu sistem drainase perkotaan. Hal ini dikarenakan suatu kota terbagi-bagi menjadi beberapa kawasan yang saling berhubungan.

Selain itu, genangan dan luapan juga bisa disebabkan belum terciptanya sistem irigasi yang tertata dengan baik atau desain drainase yang ada dan yang tidak lagi sesuai dengan kondisi dan potensi luapan dan genangan yang terjadi

(volume air genangan dan luapan sudah lebih besar dibandingkan dengan kapasitas saluran drainase).

Permasalahan Drainase Perkotaan yaitu banjir. Banjir merupakan kata yang sangat populer di kota-kota besar, khususnya pada musim hujan, mengingat hampir semua kota di Indonesia mengalami bencana banjir. Peristiwa banjir hampir setiap tahun berulang, namun permasalahan ini sampai sekarang belum terselesaikan bahkan cenderung meningkat, baik frekuensinya, kedalamannya maupun durasinya.

Masalah-masalah tersebut diatas memerlukan pemecahan pengelolaan yang diantaranya mencakup bagaimana merencanakan suatu sistem drainase yang baik, membuat perencanaan terinci, melakukan restrukturisasi institusi dan peraturan terkait, dan membina partisipasi masyarakat untuk ikut memecahkan masalah drainase. Kota merupakan tempat bagi banyak orang untuk melakukan berbagai aktivitas, maka untuk menjamin kesehatan dan kenyamanan penduduknya harus ada sanitasi yang memadai, misalnya drainase. Dengan adanya drainase tersebut genangan air hujan dapat disalurkan sehingga banjir dapat dihindari dan tidak akan menimbulkan dampak gangguan kesehatan pada masyarakat serta aktivitas masyarakat tidak akan terganggu.



Gambar 2.1: Sistem Drainase Perkotaan (Modul 2 Drainase Perkotaan, ITS 2017)

Drainase merupakan suatu sistem untuk menyalurkan air hujan. Sistem ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam menciptakan lingkungan yang

sehat, apalagi di daerah yang berpenduduk padat seperti di perkotaan. Drainase juga merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya).

Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas, di mana drainase merupakan suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut.



Gambar 2.2: Banjir Merendam Kawasan Jalan S. Parman, Jakarta Barat
(Beritasatu.com 2020)

Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase di sini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan.

2.2 Pengertian Drainase

Drainase yang berasal dari kata kerja 'to drain' yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air, adalah terminologi yang digunakan untuk menyatakan sistem-sistem yang berkaitan dengan penanganan masalah kelebihan air, baik diatas maupun di bawah permukaan tanah. Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat oleh manusia.

Drainase perkotaan adalah sistem drainase dalam wilayah administrasi kota dan daerah perkotaan (urban) yang berfungsi untuk mengendalikan atau meringankan kelebihan air permukaan di daerah pemukiman yang berasal dari hujan lokal, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kehidupan manusia.

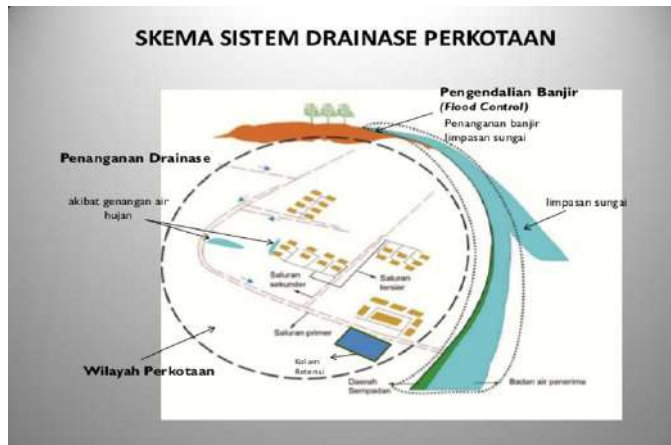
Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong-gorong di bawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir. Pengertian drainase perkotaan tidak terbatas pada teknik pembuangan air yang berlebihan namun lebih luas lagi menyangkut keterkaitannya dengan aspek kehidupan yang berada di dalam kawasan perkotaan.



Gambar 2.3: Sistem Drainase Kota Makassar Dinilai Masih Butuh Peningkatan (sindo news makassar 2020)

Semua hal yang menyangkut kelebihan air yang berada di kawasan kota sudah pasti dapat menimbulkan permasalahan drainase yang cukup kompleks. Dengan semakin kompleksnya permasalahan drainase di perkotaan, maka di dalam perencanaan dan pembangunan bangunan air untuk drainase perkotaan,

keberhasilannya tergantung pada kemampuan masing-masing perencana. Dengan demikian di dalam proses pekerjaan memerlukan kerja sama dengan beberapa ahli di bidang lain yang terkait.



Gambar 2.4: Skema Sistem Drainase Perkotaan (infosanitasi, 2014)

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No. 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan .pada Bab I Ketentuan Umum Bagian Kesatu Pengertian Pasal 1 dalam Peraturan Menteri ini yang dimaksud dengan adalah:

1. Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.
2. Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan adalah upaya merencanakan, melaksanakan konstruksi, mengoperasikan, memelihara, memantau, dan mengevaluasi sistem fisik dan non fisik drainase perkotaan.
3. Sistem Drainase Perkotaan adalah satu kesatuan sistem teknis dan non teknis dari prasarana dan Sarana Drainase perkotaan.
4. Prasarana Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat oleh manusia, yang berfungsi mengalirkan kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air penerima.

5. Sarana Drainase adalah Bangunan Pelengkap yang merupakan bangunan yang ikut mengatur dan mengendalikan sistem aliran air hujan agar aman dan mudah melewati jalan, belokan daerah curam, bangunan tersebut seperti gorong-gorong, pertemuan saluran, bangunan terjunan, jembatan, tali-tali air, pompa, pintu air.
6. Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan adalah perencanaan dasar drainase yang menyeluruh dan terarah pada suatu daerah perkotaan yang mencakup perencanaan jangka panjang, jangka menengah dan jangka pendek sesuai dengan Rencana Umum Tata Ruang Kota.
7. Studi Kelayakan Sistem Drainase Perkotaan adalah suatu studi untuk mengukur tingkat kelayakan usulan pembangunan prasarana dan sarana Sistem Drainase Perkotaan di suatu wilayah pelayanan ditinjau dari aspek teknis, ekonomi dan lingkungan.
8. Perencanaan Teknik Terinci Sistem Drainase Perkotaan adalah suatu perencanaan detail sarana prasarana Sistem Drainase Perkotaan sampai memenuhi syarat untuk dilaksanakan pembangunan sistem drainase perkotaan.
9. Pelaksanaan Konstruksi adalah tahapan pembangunan fisik sistem drainase perkotaan, dengan kegiatan mulai dari tahap persiapan konstruksi (pre-construction), pelaksanaan konstruksi (construction) dan uji coba sistem (test commissioning).
10. Sumur Resapan adalah Prasarana Drainase yang berfungsi untuk meresapkan air hujan dari atap bangunan ke dalam tanah melalui lubang sumuran.
11. Kolam Tandon adalah Prasarana Drainase yang berfungsi untuk menampung air hujan agar dapat digunakan sebagai sumber air baku.
12. Kolam Retensi adalah Prasarana Drainase yang berfungsi untuk menampung dan meresapkan air hujan di suatu wilayah
13. Bangunan Pelengkap adalah bangunan air yang melengkapi sistem drainase berupa gorong-gorong, bangunan pertemuan, bangunan terjunan, siphon, talang, tali air/street inlet, pompa dan pintu air.
14. Sistem Polder adalah suatu sistem yang secara hidrologi terpisah dari sekelilingnya baik secara alamiah maupun buatan yang dilengkapi

dengan tanggul, sistem drainase internal, pompa dan/atau waduk, serta pintu air.

15. Operasi adalah kegiatan untuk menjalankan dan memfungsikan prasarana dan Sarana Drainase perkotaan sesuai dengan maksud dan tujuannya.
16. Pemeliharaan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjamin fungsi prasarana dan Sarana Drainase perkotaan sesuai dengan rencana.
17. Rehabilitasi adalah kegiatan untuk memperbaiki saluran dan Sarana Drainase lainnya termasuk Bangunan Pelengkap yang mengalami penurunan kondisi dan fungsi agar kinerjanya sesuai dengan perencanaan.
18. Pemantauan adalah kegiatan memantau kemajuan sebuah program/proyek/kegiatan agar tetap berjalan dalam prosedur yang telah ditetapkan.
19. Evaluasi adalah kegiatan untuk menilai, memperbaiki dan meningkatkan seberapa jauh sebuah proyek atau program kegiatan dapat berjalan secara efektif, efisien dan optimal seperti yang telah dirumuskan bersama.
20. Penyelenggara Sistem Drainase Perkotaan adalah pemerintah, badan usaha, dan/atau kelompok masyarakat yang melakukan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan .
21. Pemerintah Pusat selanjutnya disebut Pemerintah adalah Presiden Republik Indonesia yang memegang kekuasaan pemerintahan Negara Republik Indonesia sebagaimana dimaksud dalam Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia tahun 1945.
22. Pemerintah Provinsi adalah gubernur dan perangkat daerah sebagai unsur Penyelenggara pemerintahan daerah.
23. Pemerintah Kabupaten/Kota adalah bupati, Walikota dan perangkat daerah sebagai unsur Penyelenggara pemerintahan daerah.
24. Menteri adalah menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pekerjaan umum.

2.3 Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan

2.3.1 Umum

Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan menganut sistem pemisahan antara jaringan drainase dan jaringan pengumpul air limbah pada wilayah perkotaan. Tahapan penerapan sistem pemisahan disesuaikan dengan situasi dan kondisi masing-masing daerah berdasarkan hasil kajian teknis. Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan menjadi tanggung jawab Pemerintah, Pemerintah Provinsi, dan Pemerintah Kabupaten/Kota sesuai dengan kewenangannya.

Pemerintah daerah dapat melakukan kerja sama antar daerah dalam Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan . Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dilakukan oleh instansi teknis yang bertanggungjawab dalam sub bidang drainase.

Sistem Drainase Perkotaan terdiri atas:

1. sistem teknis; dan
2. sistem non teknis.

Adanya sistem drainase di suatu kawasan, dapat memberi berbagai manfaat, di antaranya yaitu:

1. Meningkatnya kenyamanan, keasrian, dan kesehatan masyarakat di daerah pemukiman dan daerah perkotaan pada umumnya.
2. Mengurangi kelebihan air sehingga suatu kawasan dapat difungsikan secara optimal dan normal sebagaimana mestinya. Hal ini dikarenakan sistem drainase dapat mengurangi debit air di suatu kawasan dengan dibuang ke tempat lain yang lebih rendah dan tidak mengganggu.
3. Kualitas hidup penduduk di wilayah bersangkutan menjadi lebih baik dan meningkatkan ketenteraman seluruh masyarakat karena tidak adanya genangan air, banjir, dan pembuangan limbah yang tidak teratur.

4. Meminimalisir kerusakan jalan dan bangunan yang ada di perkotaan maupun di lingkup rumah karena drainase dapat mengendalikan pengikisan tanah.
5. Dengan memakai sistem drainase tertentu, drainase juga dapat mencegah pencemaran air tanah oleh buangan limbah cair.

Sistem teknis drainase perkotaan merupakan jaringan drainase perkotaan yang terdiri dari saluran induk/primer, saluran sekunder, saluran tersier, saluran lokal, bangunan peresapan, bangunan tampungan beserta sarana pelengkap yang berhubungan secara sistemis satu dengan lainnya. Sistem non teknis drainase perkotaan merupakan dukungan terhadap sistem teknis drainase perkotaan terkait dengan pembiayaan, peran masyarakat, peraturan perundang-undangan, institusi, sosial ekonomi dan budaya, dan kesehatan lingkungan permukiman.

Saluran induk/primer dan/atau saluran sekunder dapat berupa sungai, dan/atau anak sungai yang berfungsi sebagai drainase perkotaan, dan/atau kanal buatan yang seluruh daerah tangkapan airnya terletak dalam satu wilayah perkotaan.

2.3.2 Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan

Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan meliputi:

1. Penyusunan rencana induk.
2. Studi kelayakan; dan
3. Perencanaan teknik terinci/detail design.

Perencanaan disusun untuk pengembangan Sistem Drainase Perkotaan guna mendukung Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan disusun untuk kawasan metropolitan, kawasan perkotaan besar dan kota yang mempunyai nilai strategis. Dalam hal Sistem Drainase Perkotaan untuk kawasan kota sedang dan kecil, Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan disusun secara sederhana. Rencana induk disusun oleh instansi yang berwenang di bidang drainase. Rencana induk ditetapkan oleh Pemerintahan Kabupaten/Kota. Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan untuk wilayah Provinsi DKI Jakarta ditetapkan oleh Pemerintahan Provinsi DKI Jakarta.

Penyusunan rencana induk pada kabupaten/kota harus berdasarkan pada Rencana Umum Tata Ruang Kabupaten/Kota yang bersangkutan dan Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air di wilayah tersebut. Rencana induk Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan berlaku 25 (dua puluh lima) tahun atau disesuaikan dengan jangka waktu berlakunya Rencana Umum Tata Ruang Kabupaten/Kota.

Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan disusun dengan memperhatikan:

1. Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air.
2. Rencana Umum Tata Ruang Kota (RUTRK).
3. Tipologi Kota/Wilayah.
4. Konservasi Air; dan
5. Kondisi Lingkungan, Sosial, Ekonomi, dan Kearifan Lokal.

Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan paling sedikit memuat:

1. Inventarisasi kondisi awal sistem drainase.
2. Kajian dan analisis drainase dan konservasi air.
3. Pendekatan penyelenggaraan sistem drainase perkotaan.
4. Rencana sistem jaringan drainase perkotaan termasuk skema jaringan drainase perkotaan.
5. Skala prioritas dan tahapan penanganan.
6. Perencanaan dasar.
7. Pembiayaan.
8. Kelembagaan; dan
9. Pemberdayaan masyarakat.

Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan yang melintasi batas administrasi kabupaten/kota disusun berdasarkan kesepakatan bersama kabupaten/kota dengan memperhatikan peraturan di daerah. Dalam hal tidak tercapai kesepakatan pemerintah provinsi melakukan fasilitasi sesuai dengan kewenangannya.

Kota sedang dan kecil dapat menyusun rencana induk sederhana (outline plan) paling sedikit memuat:

1. Inventarisasi kondisi awal sistem drainase.
2. Kajian dan analisis drainase dan konservasi air.

3. Rencana sistem jaringan drainase perkotaan.
4. Skala prioritas dan tahapan penanganan.
5. Perencanaan dasar; dan
6. Pembiayaan.



Gambar 2.5: Perencanaan Sistem Drainase (bhupalakas blog nbsp,2018)

Rencana induk sederhana Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan berlaku 25 (dua puluh lima) tahun atau disesuaikan dengan jangka waktu Rencana Umum Tata Ruang Kabupaten/Kota. Studi Kelayakan Sistem Drainase Perkotaan disusun untuk mengukur tingkat kelayakan rencana pembangunan prasarana dan sarana Sistem Drainase Perkotaan di suatu wilayah pelayanan ditinjau dari aspek teknis, ekonomi dan lingkungan.

Studi Kelayakan Sistem Drainase Perkotaan disusun berdasarkan pada Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan. Studi kelayakan meliputi:

1. Perencanaan teknis.
2. Kelayakan teknis.
3. Kelayakan ekonomi.
4. Kelayakan lingkungan; dan
5. Rencana penyediaan lahan dan pemukiman kembali, bila diperlukan.

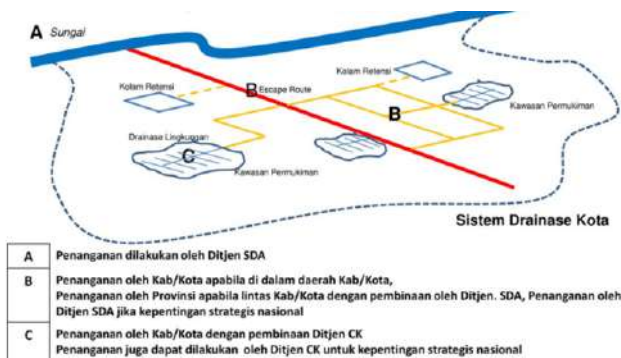
Perencanaan teknis meliputi:

1. Analisis hidrologi dan hidrolika.
2. Sistem jaringan drainase.
3. Analisis model sistem jaringan drainase (apabila diperlukan).

4. Analisis kekuatan konstruksi bangunan air.
5. Nota desain.
6. Gambar tipikal sistem jaringan drainase dan bangunan pelengkap.
7. Perkiraan volume pekerjaan untuk masing-masing jenis pekerjaan.
8. Meliputi: pekerjaan sipil dan mechanical electrical; dan
9. Perkiraan biaya pembangunan sistem drainase perkotaan.

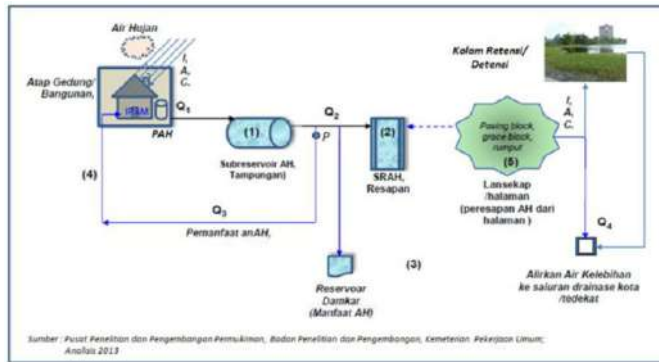
Kelayakan teknis harus memenuhi persyaratan hidrologi, hidrolika, kekuatan dan stabilitas struktur, ketersediaan material, dapat dilaksanakan dengan sumber daya manusia dan teknologi yang ada, dan kemudahan pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan. Kelayakan ekonomi dianalisis berdasarkan harga optimal, manfaat langsung dan tidak langsung dari terbangunnya sarana dan Prasarana Drainase perkotaan.

Kelayakan lingkungan harus memenuhi persyaratan studi Analisis Mengenai Dampak Lingkungan atau Usaha Pengelolaan Lingkungan/Usaha Pemantauan Lingkungan sesuai dengan peraturan perundang-undangan.



Gambar 2.6: Pola Penanganan Drainase Perkotaan dan Drainase Lingkungan (Permen PUPR No. 15/PRT/M/2015)

Dalam hal pelaksanaan studi kelayakan diperlukan penyediaan lahan dan pemukiman kembali dilaksanakan oleh pemerintahan daerah. Studi kelayakan disusun oleh penyelenggara sistem drainase perkotaan. Studi kelayakan harus mendapatkan pengesahan dari pemerintah daerah.



Gambar 2.7: Pengelolaan Drainase Perkotaan Secara Terpadu Berwawasan Lingkungan (Ecodrain) (Balitbang Kementerian PU, 2013)

Perencanaan teknik terinci Sistem Drainase Perkotaan merupakan suatu perencanaan detail prasarana dan sarana Sistem Drainase Perkotaan sampai memenuhi syarat untuk dilaksanakan pembangunan sistem drainase perkotaan.

Perencanaan teknik terinci disusun berdasarkan:

1. Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan.
2. Studi Kelayakan; dan
3. Kondisi Lokal Lokasi Perencanaan.

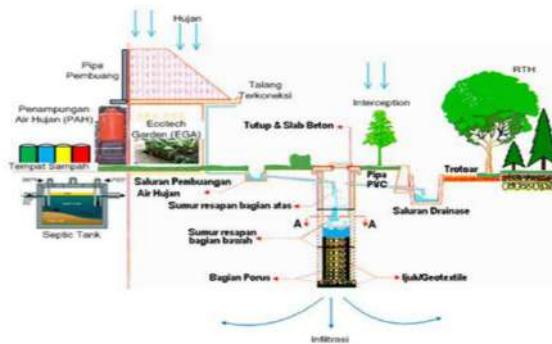
Perencanaan teknik terinci meliputi:

1. Rancangan Teknik Terinci Sistem Jaringan Drainase.
2. Rancangan Teknik Terinci Sistem Penampungan; dan
3. Rancangan Teknik Terinci Sistem Peresapan.

Perencanaan Teknik Terinci Sistem Drainase Perkotaan paling sedikit memuat:

1. Analisis hidrologi dan hidrolika.
2. Sistem jaringan drainase perkotaan.
3. Analisis kekuatan konstruksi bangunan air sistem drainase.
4. Perkotaan.
5. Nota perhitungan.
6. Gambar detail bangunan air.

7. Spesifikasi teknis sarana dan prasarana drainase perkotaan.
8. Volume pekerjaan sipil.
9. Mechanical electrical, bila diperlukan.
10. Perkiraan biaya pembangunan sistem drainase perkotaan.
11. Dokumen pengadaan prasarana dan sarana drainase perkotaan.
12. Metode pelaksanaan konstruksi; dan
13. Manual operasi dan pemeliharaan.



Gambar 2.8: Drainase Berwawasan Lingkungan Skala Parsil (Dir. PPLP Dir Jend Cipta Karya Kementerian PU, 2019)

Perencanaan teknik terinci disusun oleh Penyelenggara sistem drainase perkotaan. Perencanaan teknik terinci harus mendapatkan pengesahan dari instansi teknis yang berwenang.



Gambar 2.9: Drainase Berwawasan Lingkungan Skala Wilayah (Dir. PPLP Dir Jend Cipta Karya Kementerian PU 2019)

2.3.3 Pelaksanaan Konstruksi

Pelaksanaan Konstruksi Sistem Drainase Perkotaan meliputi kegiatan:

1. pembangunan baru; dan/atau
2. normalisasi.

Tahapan Pelaksanaan Konstruksi Sistem Drainase Perkotaan terdiri atas:

1. persiapan konstruksi;
2. Pelaksanaan Konstruksi; dan
3. uji coba sistem.

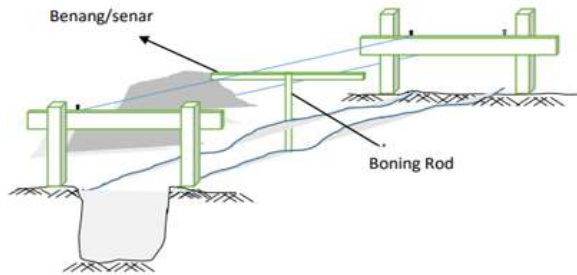
Pembangunan baru meliputi kegiatan membangun: saluran, memperbanyak saluran, memperpanjang saluran, mengalihkan aliran, Sistem Polder, kolam tampung (storage) memanjang, Kolam Retensi. Normalisasi adalah kegiatan untuk memperbaiki saluran dan Sarana Drainase lainnya termasuk Bangunan Pelengkap sesuai dengan kriteria perencanaan. Pelaksanaan Konstruksi wajib mengikuti prinsip Pelaksanaan Konstruksi aman dan bersih (clean construction).

Lingkup pekerjaan persiapan adalah:

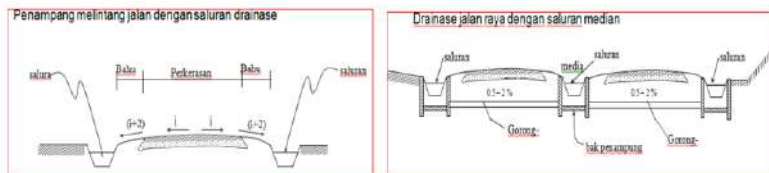
1. persiapan gambar rencana;
2. persiapan lapangan;
3. mendirikan bangunan kantor dan gudang ;
4. pengukuran tinggi muka tanah dan tinggi muka air banjir (peil);
5. mobilisasi peralatan dan tenaga kerja; dan
6. perizinan.

Pelaksanaan Konstruksi meliputi kegiatan:

1. Persiapan, meliputi gambar kerja, lapangan, material, tenaga kerja, dan peralatan.
2. Pekerjaan fisik, meliputi saluran, gorong-gorong, jembatan, pintu air, tanggul, rumah pompa, kolam tampung.
3. Pengawasan, meliputi gambar kerja (shop drawing), kualitas, jadwal pelaksanaan (time schedule), network planning, biaya; dan
4. Laporan, meliputi laporan harian, laporan mingguan.



Gambar 2.10: Gambar Kerja Drainase (Modul Praktek Politeknik Negeri Manado Jurusan Teknik Sipil, 2018)



Gambar 2.11: Drainase Jalan (Modul Drainase Perkotaan, 2017)

Uji coba sistem drainase dilaksanakan pada prasarana dan Sarana Drainase yang dibangun agar dapat beroperasi sesuai dengan mutu dan fungsinya. Uji coba prasarana dan sarana sistem drainase sebagaimana dimaksud dilaksanakan pada:

1. saluran;
2. bangunan perlintasan;
3. bangunan pompa air; dan
4. bangunan pintu air.





Gambar 2.12: Street Inlet (Modul 2 Drainase perkotaan, 2017)

Uji coba dilakukan dengan melakukan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan terhadap fungsi prasarana dan sarana dan sebelum pekerjaan konstruksi diserahkan kepada direksi teknik.

2.3.4 Operasi dan Pemeliharaan

Secara Umum Operasi dan pemeliharaan Drainase perkotaan dilaksanakan berdasarkan:

1. Operasi dan Pemeliharaan dilaksanakan untuk menjamin kelangsungan fungsi Sistem Drainase Perkotaan dengan prinsip aman dan bersih.
2. Operasi dan Pemeliharaan drainase perkotaan primer, sekunder dan tersier menjadi tanggung jawab pemerintah kabupaten/kota.
3. Dalam hal Operasi dan Pemeliharaan drainase perkotaan lokal, menjadi tanggung jawab pengelola kawasan.
4. Operasi dan Pemeliharaan Sistem Drainase Perkotaan di kawasan permukiman yang dibangun oleh pelaku pembangunan menjadi tanggung jawab pelaku pembangunan dan/atau masyarakat berdasarkan peraturan perundangan.
5. Pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan wajib mengikuti kaidah pelaksanaan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Sistem Manajemen Lingkungan.



Gambar 2.13: Operasi dan Pemeliharaan (Dir. PPLP Dir Jend Cipta Karya Kementerian PUPR 2019)

Dalam hal pengoperasian prasarana dan Sarana Drainase perkotaan dilakukan untuk memfungsikan secara optimal pengaturan aliran air dan pengelolaan sedimen. Pengoperasian prasarana dan sarana meliputi:

1. Pintu air manual dan otomatis.
2. Saringan sampah manual dan otomatis.
3. Pompa.
4. Sistem polder; dan
5. Sistem pembuangan sedimen.

Pengaturan aliran air untuk mengendalikan sistem aliran air hujan agar mudah melewati belokan daerah curam, gorong-gorong, pertemuan saluran, bangunan terjun, jembatan, tali air (street inlet), pompa, pintu air. Pengelolaan sedimen terdiri dari pengerukan, pengangkutan dan pembuangan sedimen secara aman. Pemeliharaan dilakukan untuk mencegah kerusakan dan/atau penurunan fungsi Prasarana Drainase dan perbaikan terhadap kerusakan prasarana drainase. Pelaksanaan Pemeliharaan wajib mengikuti metode pelaksanaan bersih dan aman.

Kegiatan Pemeliharaan meliputi:

1. Pemeliharaan rutin.
2. Pemeliharaan berkala.
3. Rehabilitasi; dan

4. Pemeliharaan khusus.

Pemeliharaan rutin paling sedikit meliputi kegiatan: pengangkutan sampah manual/otomatis, pengerukan sedimen dari saluran, dan Pemeliharaan *mechanical electrical*. Pemeliharaan berkala paling sedikit meliputi kegiatan: penggelontoran, pengerukan sedimen saluran/kolam/bak kontrol/gorong-gorong/syphon/Kolam Tandon/ Kolam Retensi, dan Pemeliharaan *mechanical electrical*.

Rehabilitasi meliputi kegiatan, antara lain: penggantian atau perbaikan saluran, pompa/pintu air, perbaikan tanggul, penggantian atau perbaikan saringan sampah, perbaikan kolam tampung dan perbaikan Kolam Tandon/Kolam Retensi akibat penurunan fungsi maupun darurat (bencana alam).

2.3.5 Pemantauan dan Evaluasi

Dalam tinjauan umum Pemantauan dan Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kinerja Sistem Drainase Perkotaan secara keseluruhan. Penyelenggara Sistem Drainase Perkotaan menyampaikan laporan kegiatan penyelenggaraan kepada Menteri, Gubernur dan Bupati/Walikota sesuai dengan kewenangannya. Pemantauan dan Evaluasi Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dilakukan oleh Menteri, Gubernur dan Bupati/Walikota sesuai dengan kewenangannya.

Kegiatan Pemantauan dan Evaluasi penyelenggaraan sistem drainase meliputi teknis dan non teknis.

Kegiatan Pemantauan dan Evaluasi teknis meliputi:

1. kondisi dan fungsi prasarana dan sarana sistem drainase perkotaan;
2. karakteristik genangan; dan
3. kualitas air.

Kegiatan Pemantauan dan Evaluasi non teknis meliputi:

1. kelembagaan;
2. manajemen pembangunan;
3. keuangan;
4. peran masyarakat dan swasta; dan
5. hukum.

Pemantauan kinerja Sistem Drainase Perkotaan dilaksanakan secara langsung maupun tidak langsung. Pemantauan secara langsung dilaksanakan dengan mengadakan kunjungan lapangan ke tempat Penyelenggara guna memperoleh gambaran secara langsung tentang pengoperasian sistem drainase perkotaan. Pemantauan secara tidak langsung dilaksanakan dengan mempelajari data dan laporan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, serta sistem informasi Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan maupun data elektronik lainnya.

Dalam melakukan Evaluasi Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan diperlukan suatu indikator kinerja Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan. Indikator kinerja Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan meliputi aspek teknis dan aspek non teknis.

Evaluasi Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dilaksanakan secara berkala.

Indikator kinerja struktural/teknis meliputi:

1. Sistem drainase, kondisi dan fungsi prasarana dan sarana. karakteristik genangan yang mencakup luas genangan, lama genangan, tinggi genangan, frekuensi genangan dan lokasi genangan yang berdampak pada ekonomi, sosial, fasilitas pemerintahan, transportasi, daerah perumahan dan hak milik pribadi; dan
2. kualitas air secara visual, antara lain warna dan kekeruhan.

Indikator kinerja non teknis meliputi:

1. Kelembagaan yang mencakup organisasi pengelola, sumber daya manusia yang mendukung organisasi.
2. Manajemen pembangunan yang mencakup dokumen perencanaan, pelaksanaan pembangunan, mekanisme pelaporan, pengelolaan prasarana dan sarana sesuai dengan standar Operasi dan prosedur, pengurangan luas lahan basah.
3. Keuangan yang mencakup pembiayaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah terkait drainase.
4. Peran masyarakat dan swasta yang mencakup peran aktif masyarakat melaporkan adanya genangan, tindak lanjut terhadap pengaduan masyarakat, keterlibatan masyarakat dalam proses perencanaan

drainase, peran serta masyarakat/swasta dalam Operasi dan Pemeliharaan sistem drainase; dan

5. Hukum yang mencakup peraturan perundangan terkait drainase.

Penyelenggara menyampaikan laporan kegiatan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan kepada pemerintah paling sedikit 1 (satu) kali dalam setahun. Penyelenggara menyampaikan laporan kegiatan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan sebagai berikut:

1. Penyelenggara tingkat nasional menyerahkan laporan kepada Menteri;
2. Penyelenggara tingkat provinsi menyerahkan laporan kepada Gubernur; dan
3. Penyelenggara tingkat kabupaten/kota menyerahkan laporan kepada Bupati/Walikota.

2.3.6 Pembiayaan

Pembiayaan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dapat bersumber dari:

1. APBN;
2. APBD; dan/atau
3. Sumber dana lain yang sesuai dengan peraturan perundang undangan.

2.4 Peran Masyarakat dan Swasta

Peran masyarakat dan swasta dalam Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dapat dilakukan pada setiap tahapan, mulai dari perencanaan, Pelaksanaan Konstruksi, Operasi dan Pemeliharaan serta Pemantauan dan Evaluasi.

Peran masyarakat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat berupa:

1. Menyediakan Sumur Resapan, Kolam Tandon, Kolam Retensi, sesuai dengan karakteristik kawasan.
2. Mencegah sampah dan air limbah masuk ke saluran.

3. Melakukan Pemeliharaan dan pembersihan drainase lokal di lingkungannya.
4. Mencegah pendirian bangunan di atas saluran dan jalan inspeksi.
5. Mengelola sistem drainase kawasan secara swadaya; dan/atau
6. Menyampaikan informasi tentang penanganan drainase kepada pemerintah kabupaten/kota.

Peran swasta dapat berupa:

1. Menyediakan Sumur Resapan, Kolam Tandon, Kolam Retensi, kolam tampung di kawasan permukiman yang menjadi tanggung jawabnya.
2. Mencegah sampah dan air limbah masuk ke saluran.
3. Melakukan pembangunan saluran dan Bangunan Pelengkap di kawasan permukiman yang terintegrasi dengan sistem drainase kota.
4. Melakukan Operasi dan Pemeliharaan sistem drainase di kawasan permukiman yang menjadi tanggung jawabnya.
5. Mencegah pendirian bangunan di atas saluran dan jalan inspeksi; dan/atau
6. Menyampaikan informasi tentang penanganan drainase kepada pemerintah kabupaten/kota.

Peran swasta dilakukan setelah mendapat izin dari bupati/walikota.



Gambar 2.14: Partisipasi Masyarakat Dalam Membangun Drainase (Master Plan Desa.com 2020)

2.5 Pembinaan dan Pengawasan

Pembinaan terhadap gubernur dan/atau Bupati/Walikota dalam Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dilaksanakan oleh Menteri, yang meliputi:

1. Koordinasi dalam Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.
2. Pemberian norma, standar, prosedur dan kriteria Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.
3. Pemberian bimbingan, supervisi, dan konsultasi Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.
4. Pemberian bantuan teknis baik fisik (struktur) maupun non fisik (non struktur) sesuai dengan kebijakan dan strategi nasional Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan ; dan
5. Pendidikan dan pelatihan di bidang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan .

Pembinaan terhadap Penyelenggara Sistem Drainase Perkotaan dilaksanakan oleh Menteri dan/atau Gubernur/Bupati/Walikota sesuai dengan kewenangannya meliputi:

1. Pemberian norma, standar, prosedur, kriteria;
2. Pemberian bimbingan, supervisi, konsultasi; dan
3. Pendidikan dan pelatihan;

Menteri dan Gubernur/Bupati/Walikota melaksanakan pengawasan terhadap seluruh tahapan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan sesuai kewenangannya. Pengawasan dilakukan dengan melibatkan peran masyarakat. Peran masyarakat dalam pengawasan dilakukan dengan menyampaikan laporan dan/atau pengaduan kepada Menteri, Gubernur dan Bupati/Walikota. Menteri, Gubernur dan Bupati/Walikota sesuai dengan kewenangannya wajib menindaklanjuti laporan dan/atau pengaduan masyarakat. Penyelenggara wajib menyiapkan sarana pengaduan masyarakat sebagai upaya untuk menjaga dan meningkatkan kinerja Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan .

Pemerintah Provinsi dan/atau Kabupaten/Kota dapat menetapkan Peraturan Daerah mengenai Sistem Drainase Perkotaan sesuai dengan karakteristik wilayahnya, dengan berpedoman pada Peraturan Menteri ini. Dalam hal

daerah belum mempunyai peraturan, maka terhadap pelaksanaan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan di daerah diberlakukan ketentuan dalam peraturan Menteri ini.

Bab 3

Dasar - Dasar Penilaian Dampak Lingkungan

3.1 Pendahuluan

Lingkungan hayati Indonesia menjadi suatu makhluk hidup terdiri dari berbagai sub sistem, ini memiliki aspek sosial, ekonomi, geografi dan budaya menggunakan memanfaatkan secara menerus dan membangun sumber daya alam guna kesejahteraan yang meningkat untuk mutu hayati di Indonesia. Manusia menjadi keliru satu unsur yang masih ada dalam lingkungan hayati.

Ini dijelaskan pada Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 disebutkan pengertian lingkungan hayati merupakan kesatuan ruang menggunakan seluruh keadaan, daya, benda, makhluk hayati, termasuk insan dan perilakunya, yang menyugesti langsungnya kesejahteraan kehidupan insan dan makhluk hayati lain. Artinya insan yang termasuk ke dalam ekologi ini bergantung dalam makhluk hayati lain yang keberlangsungan (kelestariannya) juga bergantung dalam cara dan pola hayati insan pada pengelolaan ekosistem.

Sebagian insan sadar buat menjaga lingkungan supaya permanen seimbang dan lestari. Lantaran lingkungan yang sehat akan membuahkan suasana yang latif dan damai. Maka telah kewajiban insan buat mencegah kerusakan yang terjadi dalam lingkungan yang dihuninya. Sebelum kerusakannya akan meluas

dan membuahkan insan nir mempunyai bahan pangan atau daerah tinggal. Salah satu bentuk bisnis buat permanen menjaga dan melestarikan lingkungan merupakan menggunakan pembuatan peraturan yang menjaga syarat lingkungan permanen seimbang dan mengurangi dampak samping berdasarkan kebutuhan insan yang bahan bakunya diambil berdasarkan alam.

Peraturan penerapan itu, diharapkan insan yang amanah dan mengandalkan kepentingan generik daripada dirinya sendiri. Sehingga pada pengelolaan lingkungan dan penerapan hukumnya jangan menyeleweng berdasarkan apa yang tercantum sudah ditentukan lalu dipengaruhi pada peraturan.

Pembangunan ini melaksanakan tentunya diharapkan kajian yang ditentukan. Agar efek negatif pada pembangunan bisa meminimalisir misalnya yang sudah tercantum dalam Pasal 22 ayat (1) Undang – Undang angka 32 tahun 2009, yaitu diwajibkan adanya analisis tentang efek lingkungan berdasarkan bisnis dan/atau aktivitas yang diperkirakan memiliki efek krusial bagi lingkungan, sang karenanya dibuat suatu badan spesifik yang mengurus kasus lingkungan hayati pada taraf wilayah yaitu Badan Lingkungan Hidup yang keliru satu tugasnya merupakan menjadi pelaksana buat memfasilitasi aktivitas instansi terkait pada hal pengendalian efek lingkungan, yang mencakup penerapan AMDAL pada wilayah.

Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) sebagai keliru satu solusi pertama yang dilakukan buat pembangunan pada pengembangan warga . Lantaran pada pembangunan yang bertujuan baik misalnya pengembangan warga di daerah eksklusif dan perlu dilakukan pembangunan secara fisik terkadang berbenturan menggunakan kerusakan lingkungan.

Seperti pada PP Nomor 27 Tahun 1999 Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) merupakan kajian tiga tentang imbas akbar dan krusial suatu bisnis dan/atau aktivitas yang direncanakan dalam lingkungan hayati yang dibutuhkan bagi proses pengambilan keputusan mengenai penyelenggaraan bisnis dan/atau aktivitas. Sehingga AMDAL sangat diperlukan pada setiap proses pembangunan, dimulai berdasarkan perencanaan sampai supervisi dan bila masih ada kasus di tengah-tengah proses pembangunan sedang dilakukan.

3.2 Drainase Perkotaan

Drainase adalah alat satu komponen yang harus terpisahkan pada perencanaan rancangan pembangunan. Komponen ini sudah sebagai prasarana generik yang diharapkan rakyat di perkotaan khususnya pada rangka menuju kehidupan kota yang bersih, sehat, dan nyaman. Drainase sendiri berarti mengalirkan air, membuang atau menguras. Jadi, drainase ini dalam biasanya berfungsi menjadi pengendali kebutuhan air bagian atas untuk mengurangi dan memperbaiki wilayah banjir becek dan genangan air.

Teknik yang terdapat pada sistem drainase ini merupakan menggunakan pemasangan pipa yang dipakai untuk mengalir dan mengalirkan air higienis menurut satu asal menuju ke aneka macam daerah tujuan. Selain air higienis, drainase ini juga mengalirkan air limbah menuju ke daerah pembuangan yang sempurna sinkron menggunakan fungsinya.

Di wilayah pedesaan juga wilayah yang belum maju, drainase umumnya bisa terbentuk secara alami menjadi bagian berdasarkan daur hidrologi. Drainase alamiah ini akan berubah secara kontinu sinkron menggunakan fisik keadaan sekitar lingkungan.

Sedangkan pada wilayah perkotaan, drainase dibentuk untuk mengalirkan air yang asal menurut hujan juga air buangan supaya tidak terjadi genangan yang berbahaya dalam suatu daerah tertentu. Drainase yang terdapat pada daerah kota saling berkaitan pada jaringan suatu drainase dan menciptakan satu sistem drainase perkotaan. Ini bisa terjadi karena suatu kota terbagi-bagi sebagai beberapa daerah yang belum saling berhubungan.

Sistem drainase ada pada suatu kawasan, bisa memberi banyak sekali manfaat, antara lain yaitu:

1. Peningkatan kesehatan, kenyamanan dan keasrian pada wilayah pemukiman dan wilayah perkotaan dalam umumnya. Mengurangi kelebihan air sebagai akibatnya suatu tempat bisa berfungsi dengan normal dan optimal sebagaimana mestinya.
Hal ini dikarenakan sistem drainase bisa mengurangi debit air pada suatu tempat menggunakan dibuang ke daerah lain yang lebih rendah dan tidak sampai mengganggu.

2. Kualitas hayati penduduk pada daerah bersangkutan sebagai lebih baik dan menaikkan ketenteraman semua warga lantaran adanya banjir dan pembuangan limbah yang rutin secara teratur. Mengurangi hancurnya jalan dan bangunan yang terdapat di perkotaan juga di lingkup tempat tinggal lantaran drainase bisa mengendalikan abrasi tanah. Dengan menggunakan sistem drainase pilihan, drainase jua bisa mengurangi air tercemar dan buangan limbah cair ke dalam air.

Lantaran drainase adalah komponen krusial pada rapikan ruang juga infrastruktur suatu daerah yang mempunyai ragam manfaat, maka keberadaan wajib senantiasa kita jaga dan rawat menggunakan sebaik mungkin. Salah satunya menggunakan cara menghindari konduite manajemen sampah tidak baik yang bisa mengakibatkan tersumbatnya sistem drainase. Pada akhirnya mampu terjadi banjir.

Sistem drainase perkotaan merupakan prasarana perkotaan yang terdiri menurut gugusan sistem saluran, yang berfungsi mengeringkan huma menurut banjir/ genangan dampak hujan (dan limbah domestik) cair menggunakan cara mengalirkan kelebihan air bagian atas ke badan air melalui saluran-saluran pada sistem tersebut.

3.3 Analisis Mengenai Dampak Lingkungan

Analisis Dampak Lingkungan” merupakan suatu studi mengenai kemungkinan perubahan-perubahan yang terjadi pada banyak sekali ciri biologis dan sosial ekonomis menurut suatu lingkungan yang mungkin ditimbulkan sang suatu tindakan yang direncanakan juga yang sudah dilaksanakan dan ancaman terhadap lingkungan.

AMDAL adalah kajian tentang imbas akbar dan krusial buat keputusan yang diambil suatu bisnis dan/atau aktivitas yang direncanakan dalam lingkungan hayati yang diharapkan bagi proses pengambilan keputusan mengenai penyelenggaraan bisnis dan/atau aktivitas.

Kriteria tentang imbas akbar dan krusial suatu bisnis dan/atau aktivitas untuk lingkungan hayati sebagai berikut:

1. Jumlah insan yang terkena dampak.
2. Luas daerah persebaran dampak.
3. Intensitas dan lamanya efek berlangsung.
4. Banyaknya elemen lingkungan lainnya yang terkena efek.
5. Sifat kumulatif dampak.

Dalam pelaksanaannya, masih ada beberapa hal yang wajib diperhatikan, yaitu:

1. Penentuan kriteria harus AMDAL, ketika ini, Indonesia memakai/menerapkan penapisan 1 langkah menggunakan memakai daftar aktivitas harus AMDAL (one step scoping by pre request list). Daftar aktivitas harus AMDAL bisa dicermati pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2006.
2. Jika aktivitas nir tercantum pada peraturan tersebut, maka harus menyusun UKL-UPL, sinkron menggunakan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 86 Tahun 2002.
3. Penyusunan AMDAL memakai Pedoman Penyusunan AMDAL sinkron menggunakan Permen LH NO. 08/2006.
4. Kewenangan Penilaian didasarkan sang Permen LH no. 05/2008.

3.4 Dasar Penilaian

Dalam AMDAL ada hal yang sangat berpengaruh adalah sebagai berikut:

Aspek fisika dan kimia.

Data iklim yang dikumpulkan yaitu, jumlah hari hujan, curah hujan, temperatur, kelembapan, kecepatan angin. Data iklim ini digunakan untuk data penunjang dalam menganalisis dampak dan dikumpulkan melalui data sekunder.

Data kualitas udara adalah dikumpulkan data primer yang diambil di lapangan, yang akan dikumpulkan parameter kualitas udara ambiens, dengan peraturan Pemerintah No.41 tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara, terutama yang terkena dampaknya. Parameter ini meliputi SO₂, CO, NO₂, Pb,

debu. Pengumpulan data pada lokasi kawasan penggalian yang disesuaikan dengan arah mata angin.

Data hidrologi merupakan data primer yang dikumpulkan langsung di lapangan . yang akan disaring meliputi: debit air untuk saluran-saluran kecil yang melintas dan mata air di kawasan penggalian, kualitas air dan ketersediaan air. Kualitas data air diperoleh dari permukaan dan air tanah di ambil dari titik sampel di kawasan penggalian dan sumur penduduk yang dekat.

Data tanah di ambil dari data sekunder, diperoleh dari peta tanah yang dibuat. Menganalisis sampel tanah untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah bekas penggalian bahan.

Aspek ekologi.

Aspek yang penting dalam ekologi mengenai hubungan antara organisme / kelompok organisme dengan lingkungan sekitarnya. Studi mengenai struktur dan fungsi alam sekitarnya.

Aspek sosial ekonomi

Terkait aspek sosial menggunakan pembangunan infrastruktur yang sangat berpengaruh pada warga dalam tingkat pembangunan, perencanaan juga pasca pengelolaan, pembangunan. Pada perencanaan bertingkat, pembangunan infrastruktur permukiman seharusnya menyentuh aspek-aspek sosial yang terkait dan sinkron menggunakan informasi-informasi yang sering terjadi, seperti pemberantasan kemiskinan serta pengaruh utama gender

Sedangkan di waktu kemungkinan pembangunan masyarakat terkena pengaruh dan akan diperlukan proses konsultasi, perpindahan penduduk dan diberikan kompensasi. Perencanaan pembangunan pada aspek sosial, perencanaan teknis sektoral melengkapi kajian. Aspek ini salah satu yang bisa ditindak lanjuti merupakan isu kemiskinan. Aspek sosial ini sangat menekankan pada manusia sehingga yang didasar merupakan kajian tentang orang miskin, meliputi data karakteristik eksisting, persebaran.

Aspek sosial budaya.

Sosial budaya di lingkungan akan terus berubah dan berkembang. Bukan cuma itu, mereka pula tidak sama antar kelompok. Oleh lantaran itu, pemantauan perusahaan pada tren tadi di Lingkungan sosial budaya dan sosio kultural

perubahan perkembangan dan tren, perubahan pada perilaku, sikap dan nilai pada warga semuanya.

Lingkungan ini berkaitan erat menggunakan budaya, selera, gaya hidup, istinorma dan tradisi. Faktor tadi dibentuk sang warga dan sering kali, diturunkan berdasarkan generasi turun temurun, mempertimbangkan akibat strategisnya terhadap mereka.

Aspek kesehatan masyarakat.

Aspek kesehatan masyarakat penyusunan dokumen AMDAL adalah salah satu aspek yang sangat penting dan pengkajian yang perlu dalam. Agar bisa dokumennya yang berkualitas tinggi, wawasan yang memadai sangat diperlukan khusus yang berkaitan di sekitar proyek dengan kesehatan masyarakat, akibat dari kegiatan tersebut menimbulkan dampak dan hubungannya menggunakan diprediksi akan terjadi waktu proyek berjalan sebagai akibatnya mampu dilakukan upaya pengelolaan yang sempurna dan bisa mengangkat derajat kesehatan masyarakat.

Pengelolaan lingkungan hayati sebagai hal yang sangat krusial demi menjaga dan merawat fungsi lingkungan hayati kita dan pula menghalangi terjadinya pencemaran dan perusakan lingkungan. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) dilakukan buat menjaga kualitas lingkungan agar nir rusak lantaran adanya aktivitas-aktivitas pembangunan. AMDAL merupakan kajian mengenai dampak besar dan krusial suatu bisnis dan/atau aktivitas yang direncanakan pada lingkungan hayati yang diperlukan bagi keputusan proses pengambilan mengenai penyelenggaraan bisnis dan/atau aktivitas pada Indonesia.

Kendala-hambatan yang dihadapi pada pengelolaan lingkungan hayati mencakup peraturan undang-undang yang mencakup lingkungan hayati yang dikelola yang ada, kita harus tegas dan penerapan sanksi untuk siapa saja yang melanggar undang-undang mengenai pengelolaan lingkungan hayati wajib lebih ditegakkan lagi. Begitu pun menggunakan pencerahan rakyat, pada hal ini buat menjalankan kewajiban menjaga pelestarian fungsi lingkungan hayati sebagai akibatnya bisa mencegah terjadinya perusakan dan pencemaran lingkungan.

Upaya yang bisa dilakukan menggunakan menaruh fasilitas mendukung aplikasi pelestarian fungsi lingkungan dan pula melaksanakan pemantauan secara eksklusif pada rakyat dan memberi pelatihan dan supervisi yang

bertujuan untuk menambah pengetahuan rakyat akan arti penting penjagaan kelestarian manfaat lingkungan hayati.

Bab 4

Dasar - Dasar Pengendalian Banjir

4.1 Pendahuluan

Pengendalian banjir merupakan suatu kegiatan yang cukup kompleks, bahkan di banyak situasi merupakan hal yang sangat sulit. Sebagai contoh, dengan banyaknya ahli drainase yang tinggal dan bekerja di kota besar seperti Jakarta, masalah banjir tetap tidak mudah diselesaikan. Bagi banyak orang, masalah pengendalian banjir sering dianggap sepele, namun pada kenyataannya sering melibatkan banyak faktor, mulai dari faktor geografis, iklim, infrastruktur, sosial, ekonomi bahkan budaya dan sikap religiusitas masyarakat penghuni suatu wilayah.

Pengendalian banjir membutuhkan berbagai disiplin ilmu dalam penyelesaiannya yang meliputi geografi termasuk hidrologi, bidang keteknik sipil termasuk hidrolika, drainase, struktur, demikian pula bidang lain seperti geologi, pemetaan termasuk sistem informasinya, dan secara spesifik meliputi teknik sungai, morfologi & sedimentasi. Penanganan banjir juga membutuhkan keterlibatan aspek vital lain dari kehidupan baik sosial, ekonomi, budaya, lingkungan, hukum, kelembagaan, dan aspek lainnya terutama aspek politik dan kebijakan.

Sudah menjadi kesepakatan umum, pertimbangan politik termasuk adanya dukungan yang kuat dari berbagai pilar politik pemerintahan, baik eksekutif, legislatif dan yudikatif seakan menjadi penentu bahkan sering kali terlepas dari aspek-aspek yang lain.

Salah satu tugas utama pengelolaan banjir adalah untuk menurunkan aliran puncak limpasan terutama setelah adanya bangunan infrastruktur atau bentuk lingkungan binaan lainnya. Pada dasarnya kegiatan pengendalian banjir adalah suatu rangkaian proses kompleks yang meliputi kegiatan identifikasi besaran debit banjir, mengisolasi daerah genangan banjir, dan mengurangi tinggi elevasi muka air banjir. Serta mengurangi risiko banjir baik terhadap manusia, makhluk hidup lain, harta benda serta lingkungan alam.

4.2 Metode Pengendalian Banjir

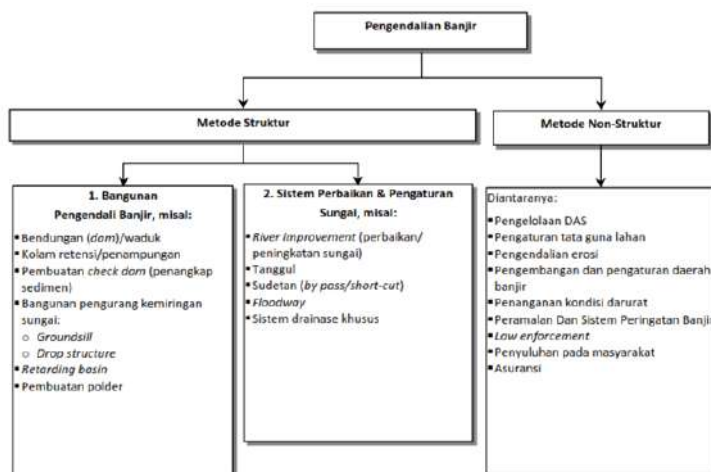
Pengendalian banjir secara garis besar dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun yang harus dicari adalah solusi yang paling optimal dengan mempertimbangkan berbagai pilihan metode secara keseluruhan sehingga didapatkan opsi atau gabungan opsi yang paling layak. Proses ini, sebagaimana proses engineering lain dalam bidang infrastruktur lazim ditempuh dalam proses studi kelayakan atau *feasibility study* atau bahkan jika sistemnya cukup kompleks, misalnya di kota besar, sering didahului oleh kegiatan pra-studi kelayakan.

Berdasarkan lokasi kegiatannya, pengendalian banjir, dalam hal ini di sungai atau kanal utama, dapat dikelompokkan menjadi dua:

1. Bagian hulu yaitu dengan membangun bangunan pengendali banjir yang dapat memperlambat waktu tiba banjir dan menurunkan besarnya debit banjir, pembuatan waduk yang dapat merubah pola hidrograf banjir, dan memperbaiki tata guna lahan di hulu untuk meningkatkan kapasitas infiltrasi
2. Bagian hilir: yaitu dengan melakukan perbaikan alur sungai dan tanggul, sodetan pada alur yang kritis, pembuatan alur pengendali banjir atau flood way, pemanfaatan daerah genangan untuk *retarding* basin dan sebagainya.

Menurut jenis penanganannya, pengendalian banjir dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Pengendalian banjir secara teknis (metode struktural), dan;
2. Pengendalian banjir secara non teknis (metode non-struktural).



Gambar 4.1: Pengendalian Banjir Metode Struktural dan Non Struktural (Kementerian PUPR, 2017)

Dalam bab ini, kedua metode baik struktural maupun non-struktural akan dibahas dalam pembahasan berikut.

4.2.1 Metode Struktural

Penyelesaian masalah banjir secara struktural sering kali dianggap sebagai opsi utama. Penyediaan infrastruktur drainase yang besar umumnya dipilih untuk menyelesaikan banjir. Namun demikian, solusi ini tidak selalu menjadi kisah sukses pengendalian banjir terutama di kota besar. Sulitnya penyediaan lahan serta mahalnya biaya pembangunan infrastruktur sering kali tidak sepadan dengan manfaat yang diperoleh (Butler et al., 2018).

Di beberapa kota di negara berkembang, termasuk Indonesia, infrastruktur drainase meskipun dianggap layak di atas kertas, namun pada kenyataannya sering tidak secara efektif berfungsi, terutama pada kawasan yang memang secara alami merupakan "rumah" dari air, bahkan sebenarnya merupakan lahan basah atau wetlands. Penyelesaian struktural sering kali tidak banyak

menolong. Akan tetapi tidak berarti bahwa pilihan metode ini tidak layak diterapkan. Penyelesaian dengan metode struktural juga memiliki contoh sukses, terutama jika direncanakan dengan benar, sebagai misal bangunan pengendali banjir di negeri Belanda.

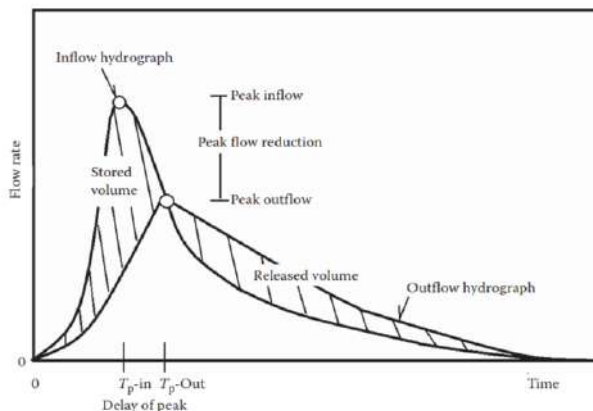
Berikut ini adalah beberapa pilihan metode struktural untuk pengendalian banjir.

Bendungan.

Bendungan adalah bangunan air yang dapat berupa urukan tanah, urukan batu, beton, dan/atau pasangan batu yang dibangun dengan tujuan menahan air, menampung air dan meninggikan elevasi muka air. Selain itu sering dibuat dengan tujuan khusus untuk menahan dan menampung limbah tambang (tailing), atau menampung lumpur. Dalam kaitannya dengan pengendalian banjir, bendungan memiliki fungsi untuk menampung debit banjir yang semuanya memasuki sungai atau kanal, sehingga dapat mengurangi beban saluran drainase atau sungai.

Kolam retensi.

Seperti halnya bendungan, kolam retensi (retention basin) berfungsi untuk menyimpan sementara debit sungai sehingga puncak banjir dapat dikurangi, retention berarti penyimpanan. Tingkat pengurangan banjir tergantung pada karakteristik hidrograf banjir, volume kolam dan dinamika beberapa bangunan outlet. Penerapan kolam retensi/detensi sangat memengaruhi hidrograf banjir sebagaimana tampak dalam gambar 4.2.



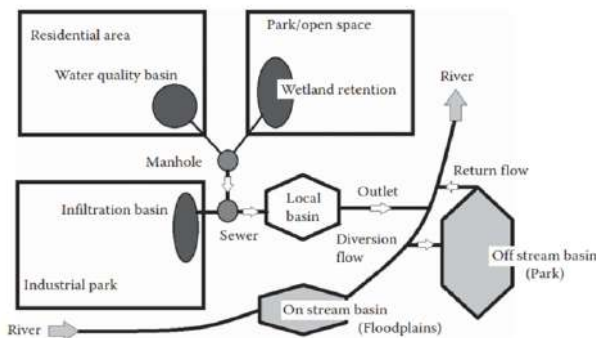
Gambar 4.2: Konsep Detensi Dalam Hidrograf Banjir (Guo, 2017)

Dalam gambar 4.2., tampak daerah yang diarsir merupakan volume tampungan kolam yang juga menyatakan besarnya debit yang dapat dikurangi dalam kerangka waktu pengaliran (biasanya dalam satuan jam). Dengan pengurangan puncak banjir tersebut maka saluran dapat mengalirkan air yang dilepaskan (released) sehingga limpasan berlebih atau banjir tidak perlu terjadi atau setidaknya dapat dikurangi.

Selain itu puncak aliran (flow peak) dapat diundur sehingga memungkinkan proses evakuasi yang cukup sekiranya banjir tidak dapat dicegah. Penempatan kolam retensi biasanya dilakukan pada dataran rendah atau dataran rawa atau wetlands. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam penampungan dapat juga digunakan untuk pertanian.

Untuk strategi pengendalian yang andal diperlukan pengontrolan yang memadai untuk menjamin ketepatan peramalan banjir, peramalan banjir yang andal dan tepat waktu untuk perlindungan atau evakuasi dan harus didukung oleh sistem drainase yang baik untuk mengosongkan air dari daerah tampungan secepatnya setelah banjir surut.

Retarding basin, yang memiliki fungsi tidak jauh berbeda dengan kolam retensi dan bendungan, merupakan suatu kawasan (cekungan) yang didesain dan dioperasikan untuk tampungan (storage) sementara sehingga bisa mengurangi puncak banjir dari suatu sungai atau dapat dianggap sebagai suatu tampungan (reservoir) yang mengurangi puncak banjir melalui simpanan sementara. Model detention basin berdasarkan tipe dan lokasi diilustrasikan dalam gambar 4.3 menurut (Guo, 2017).



Gambar 4.3: Model Detention Basin Berdasarkan Tipe dan Lokasi (Guo, 2017)

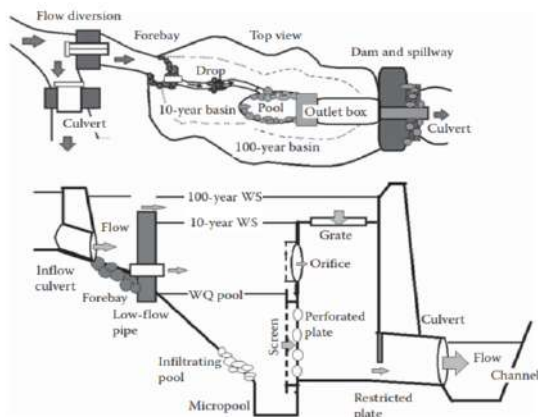
Guo (2017) menjelaskan beberapa model penerapan detention basin dengan mempertimbangkan lokasi relatif terhadap aliran sungai atau kanal. Kolam penampungan dapat berupa sebagai water quality basin, retensi lahan basah, infiltration basin, on-stream basin atau off-stream basin.

Tiga jenis yang pertama dapat dibangun dalam sistem jaringan drainase, sedangkan yang dua terakhir merupakan basin di luar jaringan drainase. Di antaranya, dapat berupa lokal basin yang merupakan basin antara jaringan drainase dan sungai alam. Gambar 4.4 memberi ilustrasi layout detention basin untuk beberapa periode ulang banjir.

Bangunan Pengendali Sedimen

Bangunan pengendali sedimen adalah bangunan kecil temporer atau tetap yang dibangun melintang saluran/sungai untuk memperkecil kemiringan dasar memanjang sungai sehingga bisa mereduksi kecepatan air, erosi dan membuat sedimen bisa tinggal di bagian hulu bangunan sehingga dapat menstabilkan saluran atau sungai.

Beberapa istilah yang umum, berkaitan dengan fungsinya, yang sering dipakai untuk bangunan pengendali sedimen adalah sabo dam, cek dam atau embung konservasi. Dalam kaitan dengan drainase perkotaan, bangunan pengendali sedimen juga dapat membantu melandaikan hidrograf banjir terutama jika desainnya digabungkan dengan desain sebagai kolam penampungan (local basin).



Gambar 4.4: Layout Detention Basin Untuk Beberapa Kala Ulang Banjir (Guo, 2017)

Bangunan Pengurang Kemiringan Sungai

Bangunan ini bisa berupa *drop structure* atau *ground sill*. Manfaatnya adalah bisa mengurangi kecepatan air, dan untuk *ground sill* juga dapat mencegah *scouring* pada hilir bendung atau pilar jembatan. Dengan peran yang sama dengan bangunan pengendali sedimen, bangunan pengurang kemiringan sungai juga dapat memperkecil daya rusak air banjir dan membantu memperlambat aliran banjir dan memberi waktu untuk evakuasi pada saat terjadi banjir

Pembuatan Polder

Polder adalah sebidang tanah yang rendah, dikelilingi oleh embankment baik bisa berupa tanah urukan/timbunan atau tanggul pasangan beton atau batu kali yang membentuk semacam kesatuan hidrologi buatan, yang berarti tidak ada kontak dengan air dari daerah luar polder selain yang dialirkan melalui saluran buatan manusia bisa berupa saluran terbuka atau pipa. Penyediaan polder merupakan hal yang sangat lazim dilakukan di negeri Belanda yang memiliki elevasi permukaan yang relatif rendah terutama untuk melindungi kawasan akibat banjir air pasang atau rob.

Perbaikan sungai (River Improvement)

Perbaikan sungai dilakukan terutama berkaitan erat dengan pengendalian banjir, yang merupakan usaha untuk memperbesar kapasitas pengaliran sungai. Sering kali disebut sebagai normalisasi sungai yang dimaksudkan untuk mengembalikan atau bahkan memperbaiki kapasitas tampung sungai untuk menampung debit banjir yang terjadi untuk dialirkan ke hilir atau laut sehingga tidak terjadi limpasan. Pekerjaan ini secara umum dapat meliputi kegiatan antara lain, perbaikan bentuk penampang melintang, pengaturan penampang memanjang sungai, penurunan angka kekasaran dinding alur sungai, melakukan sudetan pada alur sungai meander, melakukan rekonstruksi bangunan di sepanjang sungai yang tidak sesuai dan mengganggu pengaliran banjir, menstabilkan alur sungai, dan pembuatan tanggul banjir.

Tanggul adalah penghalang yang didesain untuk menahan air banjir di palung sungai untuk melindungi daerah di sekitarnya. Tanggul juga berfungsi untuk melokalisasi banjir di sungai, sehingga tidak melimpas ke kanan dan ke kiri sungai yang merupakan daerah peruntukan. Sudetan (by pass) adalah saluran yang digunakan untuk mengalihkan Sebagian atau seluruh aliran air banjir dalam rangka mengurangi debit banjir pada daerah yang dilindungi.

Banjir kanal (Floodway)

Pembuatan *floodway* dimaksudkan untuk mengurangi debit banjir pada alur sungai lama, dan mengalirkan sebagian debit tersebut banjir melalui *floodway*. Hal ini dapat dilakukan apabila kondisi setempat sangat mendukung untuk membuat *floodway*. Apabila kondisi lapangan tidak menguntungkan, misalnya sungai untuk jalur *floodway* tidak ada, maka pembuatan *floodway* kurang layak untuk dilaksanakan.

Floodway berfungsi untuk mengalirkan sebagian debit banjir pada waktu banjir, sehingga debit banjir pada alur sungai lama akan berkurang dan akan menurunkan tingkat risiko banjir. Kondisi pada umumnya, bahwa alur lama melewati kota, sehingga menjadi rawan banjir. Sedangkan lahan pada Kawasan permukiman di kota sangat mahal dan sulit untuk pembebasan lahan, sehingga perbaikan alur sungai untuk memenuhi debit mengalami kesulitan

Sistem Drainase Khusus

Sistem drainase khusus sering diperlukan untuk memindahkan air dari daerah rawan banjir karena drainase yang buruk secara alami atau karena ulah manusia. Sistem khusus tipe gravitasi dapat terdiri dari saluran-saluran alami. Alternatif dengan pemompaan mungkin diperlukan untuk daerah buangan dengan elevasi air di bagian hilir yang terlalu tinggi. Sistem drainase khusus biasanya digunakan untuk situasi berikut di mana drainase alami tidak memadai, umumnya di perkotaan. Drainase khusus sering digunakan untuk melindungi daerah pantai dari pengaruh gelombang, pada daerah genangan/bantaran banjir dengan bangunan flood wall/ dinding penahan banjir.

4.2.2 Metode Non Struktural

Selain metode struktural, pengendalian banjir dapat dilakukan dengan menerapkan metode non-struktural. Di banyak negara maju, seperti Singapura dan negara-negara Eropa barat, upaya non-struktural cenderung lebih diprioritaskan dalam pengendalian banjir.

Beberapa pilihan metode dipaparkan di sub-bab ini (Kementerian PUPR, 2017):

Pengelolaan DAS

Pengelolaan DAS berhubungan erat dengan peraturan, pelaksanaan dan pelatihan. Kegiatan penggunaan lahan dimaksudkan untuk menghemat dan

menyimpan atau menahan air dan konservasi tanah. Pengelolaan DAS mencakup aktivitas-aktivitas pemeliharaan vegetasi di bagian hulu DAS, revegetasi untuk mengendalikan atau mengurangi kecepatan aliran permukaan dan erosi tanah, pemeliharaan vegetasi alami, atau penanaman vegetasi tahan air yang tepat, sepanjang tanggul drainase, saluran-saluran dan daerah lain untuk pengendalian aliran yang berlebihan atau erosi tanah, mengatur secara khusus bangunan-bangunan pengendali banjir sepanjang dasar aliran yang rawan erosi.

Pengaturan Tata Guna Lahan

Pengaturan tata guna lahan pada DAS dimaksudkan untuk mengatur penggunaan lahan dengan menyesuaikan dengan rencana pola tata ruang yang berlaku secara legal atau yang disepakati. Hal ini untuk menghindari penggunaan lahan yang tidak terkendali, sehingga mengakibatkan kerusakan DAS yang merupakan daerah tangkapan hujan.

Pada dasarnya pengaturan penggunaan lahan di DAS dimaksudkan untuk, untuk memperbaiki kondisi hidrologi DAS, sehingga tidak menimbulkan banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau, serta untuk menekan laju erosi daerah aliran sungai yang berlebihan, sehingga dapat menekan laju sedimentasi pada alur sungai di bagian hilir. Pengendalian erosi pada prinsipnya merupakan tindakan-tindakan untuk mencegah dan mengendalikan erosi baik di DAS maupun di tebing sungai.

Pengendalian erosi terutama sekali dilakukan dengan revegetasi atau reboisasi pada kawasan lereng atau tebing sungai yang diperluas hingga ke hulu daerah tangkapan sungai. Erosi lahan terutama di daerah hulu, telah dipahami sebagai penyebab utama terjadinya bencana banjir di dataran aluvial. Kondisi ini merupakan kondisi yang sangat jamak terjadi di Indonesia.

Pengembangan dan Pengaturan Daerah Banjir/Genangan

Penggunaan lahan daerah genangan memberi beberapa permasalahan di antaranya adalah sebagai berikut, hilangnya mata pencaharian masyarakat yang bermukim pada daerah-daerah genangan. pemanfaatan intensif daerah-daerah genangan untuk mata pencaharian, industri dan kegiatan lain akan meningkatkan potensi bagi kerusakan-kerusakan yang diakibatkan banjir. Kegiatan tersebut di awal yang berhubungan dengan pemanfaatan daerah genangan sering mengurangi kapasitas alur sungai dan daerah genangan.

Kelancaran aliran akan berkurang karena bangunan rumah, gedung-gedung, jalan-jalan, jembatan dan pengusahaan tanaman yang memiliki daya tahan besar merupakan penghambat aliran. Pengendalian pemanfaatan daerah genangan termasuk peraturan-peraturan penetapan wilayah penggunaan lahan, dan bangunan-bangunan. Pengendalian daerah genangan berfungsi untuk membatasi atau menentukan tipe pengembangan dengan mempertimbangkan risiko dan kerusakan yang ditimbulkan oleh banjir. Pada beberapa kota maju, sebagian wilayah telah didedikasikan sebagai daerah genangan lestari.

Penanganan Kondisi Darurat

Penanggulangan banjir perlu dilakukan untuk menangani penanggulangan banjir dalam keadaan darurat, terutama untuk bangunan pengendalian banjir yang rusak dan kritis. Hal ini terutama untuk menangani banjir tahunan yang perlu penanganan tahunan pada waktu musim hujan atau banjir. Perencanaan penanggulangan banjir perlu dibuat sebelumnya, berdasarkan pengalaman yang telah lalu. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan penanggulangan banjir adalah identifikasi masalah, identifikasi kebutuhan bahan dan peralatan penanggulangan, dan identifikasi kebutuhan tenaga penanggulangan.

Penegakan Hukum dan Penyuluhan Pada Masyarakat

Permasalahan banjir adalah merupakan permasalahan umum, terutama di daerah bawah, maka sudah saatnya masyarakat yang berada pada daerah tersebut peduli akan pencegahan terhadap bahaya banjir. Selain itu pihak yang berwenang harus serius melaksanakan pembinaan, pengawasan, pengendalian dan penanggulangan terhadap banjir secara intensif dan terkoordinasi melalui penyuluhan oleh pihak yang berwenang, bagaimana cara menghindari bahaya banjir, supaya kerugian yang timbul tidak terlalu besar, untuk meningkatkan kesadaran masyarakat, bahwa kerusakan daerah aliran sungai yang diakibatkan oleh umat manusia, dapat mengakibatkan banjir yang lebih parah, mengembangkan sikap masyarakat bahwa membuang sampah dan lain-lain di sungai adalah tidak baik dan akan menimbulkan permasalahan banjir.

Peningkatan kesadaran masyarakat bahwa aktivitas di daerah alur sungai, misalnya tinggal di bantaran sungai adalah mengganggu dan dapat menimbulkan permasalahan banjir harus dibangun. Demikian pula, meningkatkan kesadaran masyarakat bahwa dengan bermukim di daerah bawah atau daerah dataran banjir, mereka perlu menaati peraturan-peraturan

dan mematuhi larangan yang ada, untuk menghindari permasalahan banjir dan menghindari kerugian banjir yang lebih besar.

Peramalan dan Sistem Peringatan Dini

Peramalan banjir adalah merupakan bagian dari sistem pengendalian banjir suatu sistem sungai. Maka dalam penyusunan sistem peramalan dan peringatan dini banjir DAS perlu memperhatikan ketersediaan bangunan pengendalian banjir, operasional bangunan sistem pengendalian banjir, kondisi hidrologi, karakteristik DAS, karakteristik daerah rawan banjir, kemungkinan kerugian akibat banjir, serta didukung dengan penelusuran banjir yang akurat.

Bab 5

Beban Drainase

5.1 Pendahuluan

Perkembangan suatu kota biasanya ditandai dengan indikator pertumbuhan penduduk yang tinggi yang biasanya diikuti dengan tuntutan penyediaan sarana dan prasarananya. Konsekuensi logis dari rantai perkembangan kota ini adalah terjadinya perubahan fungsi guna lahan atau alih fungsi lahan. Pengalihan fungsi lahan di perkotaan cenderung ke arah penutupan lahan dengan bahan-bahan yang tidak tembus air (impervious) seperti semen dan aspal, sehingga mengakibatkan terganggunya keseimbangan hidrologi.

Kondisi seperti ini akan semakin parah apabila kapasitas saluran drainase yang diharapkan mampu membawa air ke sungai tidak mencukupi, sehingga menimbulkan genangan di tempat-tempat tertentu yang apabila dibiarkan akan semakin meluas dan menimbulkan kerusakan fungsi prasarana kota lainnya (Kusumadewi, dkk, 2012).

Pengendalian banjir merupakan bagian dari pengelolaan sumber daya air yang lebih spesifik untuk mengendalikan debit banjir umumnya melalui dam – dam pengendali banjir, atau peningkatan sistem pembawa (sungai, drainase) dan pencegahan hal –hal yang berpotensi merusak dengan cara mengelola tata guna lahan dan daerah banjir (lood plains).

Kodoatie, R. J., dkk (2006) menjelaskan faktor penyebab banjir antara lain perubahan tata guna lahan, pembuangan sampah, erosi dan sedimentasi, kawasan kumuh di sepanjang sungai, sistem pengendalian banjir yang tidak tepat, curah hujan tinggi, fisiografi sungai, kapasitas sungai yang tidak memadai, pengaruh air pasang, penurunan tanah, bangunan air, kerusakan bangunan pengendali banjir.

Sistem drainase tertutup digunakan di daerah perkotaan terutama untuk kota dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Walaupun tertutup sifat alirannya merupakan sifat aliran pada saluran terbuka yang mengalir secara gravitasi. Saluran tertutup ini dapat berupa pipa beton bertulang, besi tuang, tanah liat, plastik (PVC) atau bahan-bahan lain yang tahan karat (korosif).

Salah satu hal yang berkembang saat ini adalah metode kecerdasan buatan dalam berbagai aspek. Menurut Ejah, A. U. S (2015), metode kecerdasan buatan berkembang seiring dengan perkembangan analisis komputerisasi. Menurut Rich and Knight (1991) dalam Ejah, A. U. S (2015), kecerdasan buatan merupakan sebuah studi tentang bagaimana membuat komputer melakukan hal-hal yang pada saat ini dapat dilakukan lebih baik dari manusia.

Sedang menurut H.A. Simon (1987) dalam Ejah, A. U. S (2015), kecerdasan buatan (artificial intelligence) merupakan kawasan penelitian, aplikasi dan instruksi yang terkait dengan pemrograman komputer untuk melakukan sesuatu hal yang dalam pandangan manusia adalah cerdas. Sehingga memungkinkan metode kecerdasan buatan dapat menganalisis pola yang terjadi untuk memprediksi kondisi yang dapat menyebabkan terjadinya banjir.

5.2 Sistem Drainase

Drainase didefinisikan sebagai pembuangan air permukaan baik secara gravitasi maupun dengan pompa dengan tujuan untuk mencegah terjadinya genangan agar menjaga dan menurunkan permukaan air sehingga genangan air dapat dihindarkan. Drainase perkotaan berfungsi mengendalikan kelebihan air permukaan sehingga tidak merugikan masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kehidupan manusia (Mulyasari, A., Dkk (2013).

Drainase perkotaan melayani pembuangan kelebihan air pada suatu kota dengan cara mengalirkannya melalui permukaan tanah (surface drainage) atau lewat di bawah permukaan tanah (sub surface drainage), untuk dibuang ke

sungai, laut, atau danau. Kelebihan air tersebut bisa berupa air hujan, air limbah domestik, maupun air limbah industri (Suripin, 2004). Oleh karena itu drainase perkotaan harus terpadu dengan sanitasi, sampah, pengendali banjir kota dan lain-lain.

Fungsi dan kegunaan saluran drainase menurut Suripin (2004), adalah mengendalikan limpasan air hujan yang berlebih, menurunkan tinggi permukaan air tanah, mengendalikan erosi dan longsor pada tanah di sekitar saluran drainase, menciptakan lingkungan yang bersih dan teratur, dan memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama, sehingga tidak mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan.

Sistem jaringan drainase terbagi 2 yaitu:

1. Sistem drainase mayor adalah sistem saluran/badan air terdiri dari saluran primer dan sekunder. Sistem saluran ini yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (catchment area). Biasanya sistem ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal atau sungai, dan merupakan penghubung antara drainase dan pengendalian banjir.
2. Sistem drainase mikro terdiri dari 2 bagian yaitu sistem saluran tertutup dan sistem saluran terbuka. Sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan, di mana sebagian besar di dalam wilayah kota. Yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah: saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota, di mana debit air yang ditampung tidak terlalu besar.

Dalam tata cara penyusunan rencana induk Sistem Drainase Perkotaan, Anonim (2012) dijelaskan bahwa prasarana drainase perkotaan terdiri dari saluran terbuka dan tertutup, bangunan persilangan, antara lain gorong-gorong dan siphon drainase, bangunan terjun, tanggul, bangunan penangkap pasir, pintu air, kolam retensi/tandon, pompa dan rumah pompa, trash rake, sumur resapan dan kolam resapan.

Saluran drainase hampir serupa dengan jaringan jalan, saluran utama terdiri dari sungai-sungai yang melewati kota, dan bila tidak ada atau jumlahnya tidak mencukupi maka harus dibuatkan kanal.

Adapun jenis-jenis saluran berdasarkan Jenisnya meliputi:

1. Saluran Utama (primer), berfungsi melayani hampir seluruh bagian wilayah kota sehingga kekurangan saluran ini akan berdampak sangat luas bagi wilayah kota. Sungai termasuk jenis saluran primer yang berfungsi sebagai saluran pembuang.
2. Saluran Pengumpul (sekunder), saluran yang membawa air menuju sungai yang biasanya terdiri dari anak sungai atau saluran buatan, dapat juga berupa saluran terbuka atau tertutup. Dinamai juga sebagai saluran pengumpul, karena melayani lingkungan permukiman dengan dimensi yang bervariasi. Saluran pengumpul ini dibagi menjadi dua macam, yaitu saluran pengumpul besar yang langsung menuju sungai dan saluran pengumpul kecil yang mengalirkan air menuju saluran pengumpul besar.
3. Saluran Lokal (tersier), saluran yang melayani lingkungan permukiman tiap persil demi persil yang berbentuk terbuka atau tertutup.
4. Saluran kuarter, sebagai saluran penampung air dari got-got atau parit dan daerah sekitarnya dan dialirkan ke saluran tersier/primer/sungai.

5.3 Sistem Drainase Tertutup

Sistem ini cukup bagus digunakan di daerah perkotaan terutama untuk kota yang tinggi kepadatannya seperti kota Metropolitan dan kota-kota besar lainnya. Lahan yang tersedia sudah begitu terbatas dan mahal harganya, sehingga kadang - kadang tidak memungkinkan lagi untuk membuat sistem saluran terbuka.

Walaupun tertutup sifat alirannya merupakan sifat aliran pada saluran terbuka yang mengalir secara gravitasi. Saluran tertutup ini dapat berupa pipa beton bertulang, besi tuang, tanah liat, plastik (PVC) atau bahan - bahan lain yang

tahan karat (korosif). Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sistem sewerage.

Bangunan Pelengkap Drainase Tertutup terdiri atas:

1. Gorong-gorong, yaitu bangunan yang dipakai untuk membawa aliran air melewati bawah jalan air lainnya (biasanya saluran), di bawah jalan, atau jalan kereta api. Gorong-gorong juga digunakan untuk mengalirkan sungai kecil atau sebagai bagian drainase ataupun selokan jalan.
2. Box culvert, yaitu gorong-gorong yang terbuat dari beton yang dicor di pabrik (precast), dimensi tergantung kepada debit air yang akan dialirkan melalui gorong-gorong yang merupakan saluran tertutup yang dapat meminimalisir masuknya sampah maupun kontak dengan benda di atasnya sehingga aliran air bisa lebih lancar mengalir.
Box culvert dapat utuh dengan bentuk profil bulat atau persegi ataupun trapesium, ataupun modular yang terpisah atas dengan bawah. Fungsinya sebagai saluran yang bisa dilewati oleh kendaraan ataupun saluran yang ditempatkan di bawah tekanan tanah atau lainnya.
3. Bak Kontrol (manhole) adalah merupakan bak berlubang lengkap dengan tutup di atasnya yang umumnya perlu ditempatkan pada belokan saluran atau pada saluran tertutup setiap panjang sekian meter. Selain itu bak kontrol juga perlu ditempatkan jika ada perubahan ukuran saluran dan perubahan kemiringan saluran. Fungsi dari bak kontrol adalah untuk mempermudah perawatan dan mencegah terjadinya sumbatan pada saluran air.
Bak kontrol harus dipasang di tempat yang mudah dicapai, dan sekelilingnya perlu area yang cukup luas untuk orang yang melakukan pembersihan pipa. Untuk pipa ukuran sampai 65 mm, jarak bebas sekeliling bak kontrol sekurang-kurangnya 30 cm, dan untuk ukuran pipa 75 cm dan lebih besar jarak tersebut sekurang-kurangnya 45 cm.
4. Rumah pompa digunakan untuk berbagai infrastruktur sistem, seperti pasokan air ke kanal, drainase lahan dataran rendah, dan

penghapusan limbah ke situs pengolahan. Pada kasus ini rumah pompa digunakan untuk mengalirkan air di suatu daerah yang lebih rendah sehingga daerah tersebut tidak mengalami luapan air.



Gambar 5.1: Contoh Bak Kontrol (Manhole) Pada Saluran Tertutup

5.4 Sistem Penyaluran Air Buangan

Sistem penyaluran air buangan adalah suatu rangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang air buangan dari suatu kawasan/lahan baik itu dari rumah tangga maupun kawasan industri. Sistem penyaluran biasanya menggunakan sistem saluran tertutup dengan menggunakan pipa yang berfungsi menyalurkan air buangan tersebut ke bak interceptor yang nantinya disalurkan ke saluran utama atau saluran drainase (Fikri, 2016).

Dengan menggunakan sistem penggelontoran yang merupakan penambahan air dengan debit dan kecepatan tertentu ke dalam saluran dengan tujuan untuk membuat aliran dalam pipa berjalan lancar sehingga sedimen dan kepekatan air limbah dapat dikurangi atau dihilangkan Gambiro (2012) dalam Kurniawan, A. dkk, (2015). Air penggelontoran dapat berasal dari air tanah, air hujan, air sungai, danau, dan sebagainya. Drainase skala mikro dapat dirancang untuk memenuhi debit penggelontoran dalam sistem penyaluran air limbah.

Menurut Pedoman Pengelolaan Air Limbah Perkotaan, Anonim (2003), hal yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan dalam perencanaan desain suatu sistem penyaluran air buangan meliputi sistem perpipaan merupakan saluran yang tertutup, sehingga terhindar dari gangguan terhadap lingkungan di

sekitarnya dan saluran tidak terganggu oleh kegiatan di sekitarnya, air bekas dibuang dari pemukiman penduduk agar tidak mengganggu keindahan dan kesehatan lingkungan yang ditimbulkan oleh proses penguraian maupun lalat dan binatang lain yang mungkin hidup sehingga harus disalurkan ke pengolahan, waktu pengaliran air buangan dari titik terjauh ke lokasi pengolahan tidak boleh lebih dari 18 jam untuk menghindari terjadinya proses penguraian dalam saluran, Penyaluran air buangan dilakukan dengan cara gravitasi dalam saluran tidak bertekanan.

5.5 Undang-Undang/Peraturan Tentang Drainase

Undang-undang atau peraturan mutlak diperlukan dalam melakukan suatu perencanaan, pembangunan dan pemeliharaan, agar kegiatan tersebut pada praktiknya nanti tidak akan menimbulkan dampak negatif yang dapat meresahkan masyarakat dan merugikan pihak pembangun itu sendiri. Karena itu pemerintah sebagai pihak yang berwenang menetapkan suatu undang-undang dan peraturan yang mengatur segala sesuatu yang berhubungan dengan drainase perkotaan dan pengendalian banjir perkotaan, serta segala sesuatu yang berhubungan dengan pembangunan sumber daya air.

Sejalan dengan perkembangan ilmu perairan dan drainase dari waktu ke waktu, maka pemerintah senantiasa berusaha menghasilkan kebijakan-kebijakan yang dituangkan dalam suatu undang-undang atau peraturan-peraturan yang juga terus berkembang dari waktu ke waktu, yang di antaranya adalah:

1. Undang-undang No.5, 1974 tentang pokok-pokok pemerintahan di daerah.
 - a. Berisi mengenai penyerahan tanggung jawab dari pemerintahan pusat ke pemerintahan tingkat I dan II.
2. Undang-undang No. 11, 1974 tentang pengairan.
3. Peraturan pemerintah No. 14, 1987 tentang penyerahan sebagian urusan pekerjaan umum kepada pemerintah daerah tingkat I dan Tingkat II.

- a. Konstruksi, perawatan dan manajemen pelayanan jaringan drainase perkotaan yang lebih dari satu wilayah tingkat II dipindahkan ke daerah tingkat I termasuk tugas memberi bimbingan kepada daerah tingkat II. Konstruksi, perawatan dan manajemen pembuangan sampah serta penyelesaian infrastruktur dipusatkan ke daerah tingkat II.
4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 39/PRT/1989.
 - a. Peraturan ini mengklasifikasikan sungai-sungai di Indonesia menjadi 90 wilayah sungai.
5. Peraturan Pemerintah No.35,1991 tentang Sungai.
 - a. Sungai adalah sumber air yang multi fungsi dan di bawah tanggung jawab Menteri Pekerjaan Umum. Sungai yang terletak melintasi lebih dari satu Daerah Tingkat I diklasifikasikan dalam sungai kelas A.

Sungai yang melintasi satu Daerah Tingkat diklasifikasikan dalam sungai kelas B, kecuali bila sungai sedemikian rupa yang merupakan daya tarik nasional diklasifikasikan dalam sungai kelas A. Pembangunan sungai kelas A seluruhnya didanai oleh Pemerintah Pusat, Pemerintah Tingkat I diharapkan mengambil bagian dalam pendanaan operasi dan pemeliharaan.
6. Peraturan Pemerintah Nomor 77 tahun 2001 tentang Irigasi.
 - a. Pemerintah, Pemerintah Daerah, dan masyarakat sesuai dengan kewenangannya mempertahankan sistem irigasi secara berkelanjutan dengan mewujudkan kelestarian sumber daya air, melakukan pemberdayaan perkumpulan petani pemakai air, mencegah alih fungsi lahan beririgasi untuk kepentingan lain, dan mendukung peningkatan pendapatan petani.
7. UU No. 22 Tahun 1999 tentang otonomi daerah.
8. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-pokok Agraria (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1960 Nomor 104, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 2043).
9. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pertambangan (Lembaran Negara

- Republik Indonesia Tahun 1967 Nomor 22, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 2831).
10. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1974 Nomor 65, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3046).
 11. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1992 tentang Perumahan dan Permukiman (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1992 Nomor 23, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3469).
 12. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377).
 13. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 125) sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2005 (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 108 sebagaimana telah diubah terakhir dengan Undang-undang nomor 12 tahun 2008 Tentang Perubahan Kedua Atas Undang-undang Nomor 32 Tahun 2004 Tentang Pemerintah Daerah, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 59 Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4844).
 14. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 132 Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4444).
 15. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4725).
 16. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara

Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059).

17. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 59, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3838).

5.6 Kaitan Antara Urbanisasi dan Drainase

Salah satu masalah yang dihadapi kota-kota di negara-negara berkembang adalah bertambahnya penduduk kota dengan sangat pesat, sebagai akibat dari kelahiran dan terutama oleh arus perpindahan penduduk secara besar-besaran dari desa ke kota (urbanisasi). Todaro dalam Manning (1985) memperkirakan bahwa pada tahun 1950 sekitar 38% penduduk kota tinggal di negara sedang berkembang dan pada tahun 1975 sekitar 750 juta penduduk negara sedang berkembang berada di kota dan pada tahun 2000 diperkirakan akan meningkat lebih dari 2½ kali.

Sinulingga (1999) memperkirakan bahwa pada tahun 2020 penduduk perkotaan dunia akan menjadi 50% dan Asia akan menerima bagian sebesar 52%. Di Indonesia, persentase penduduk kota mencapai 42,4% pada tahun 2000 dan diproyeksikan mencapai 68% pada tahun 2025 (Lubis, 2010).

Akibat dampak dari urbanisasi yang terjadi secara besar-besaran ini, maka masalah utama yang dapat terjadi pada daerah perkotaan adalah banjir. Banjir merupakan salah satu fenomena alam yang menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi manusia. Di samping disebabkan oleh faktor alam, sering kali disebabkan oleh adanya campur tangan manusia itu sendiri. Pada daerah perkotaan, pertumbuhan kota dan perkembangan industri menimbulkan dampak yang cukup besar pada siklus hidrologi sehingga berpengaruh cukup besar terhadap sistem drainase perkotaan.

Hal ini disebabkan karena ada perkembangan urbanisasi, menyebabkan perubahan tata guna lahan. Oleh sebab itu setiap perkembangan kota harus

diikuti dengan perbaikan sistem drainase, tidak cukup hanya pada lokasi yang dikembangkan, melainkan harus meliputi daerah sekitarnya juga.

Menurut Kodoati, R. J., dkk (2006), genangan Banjir sangat dipengaruhi oleh perubahan tata guna lahan sebagai faktor utama dibandingkan dengan yang lainnya. Perubahan penutupan lahan di DAS dari hutan ke lahan terbuka atau pemukiman, menyebabkan air hujan yang jatuh di atasnya secara nyata meningkatkan aliran permukaan (runoff) yang selanjutnya bisa memicu terjadinya banjir di hilir. Banjir dalam pengertian umum adalah debit aliran air sungai dalam jumlah yang tinggi, atau debit aliran air di sungai secara relatif lebih besar dari kondisi normal akibat hujan yang turun di hulu atau di suatu tempat tertentu terjadi secara terus menerus, sehingga air tersebut tidak dapat ditampung oleh alur sungai yang ada, maka air melimpah keluar dan menggenangi daerah sekitarnya.

Banjir yang terjadi pada musim hujan sudah menjadi peristiwa rutin di beberapa kota di Indonesia. Berbagai sebab menjadi pemicu terjadinya banjir, antara lain kapasitas sistem jaringan drainase yang menurun, debit aliran air yang meningkat, atau kombinasi dari kedua-duanya. Kapasitas saluran drainase berdasarkan desain kriteria sudah diperhitungkan untuk dapat menampung debit air yang terjadi sehingga kawasan yang dimaksud tidak mengalami genangan atau banjir. Menurunnya kapasitas sistem disebabkan antara lain, banyak terjadi endapan, terjadi kerusakan fisik sistem jaringan dan atau adanya bangunan liar di atas sistem jaringan. Sedangkan penyebab meningkatnya debit antara lain, curah hujan yang tinggi di luar kebiasaan, perubahan tata guna lahan, kerusakan lingkungan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) di suatu kawasan.

Seiring dengan pertumbuhan penduduk perkotaan yang amat pesat di Indonesia, permasalahan drainase semakin meningkat pula pada umumnya melampaui kemampuan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan. Akibatnya permasalahan banjir atau genangan semakin meningkat pula. Pada umumnya penanganan sistem drainase di banyak kota di Indonesia masih bersifat parsial, sehingga tidak menyelesaikan permasalahan banjir dan genangan secara tuntas.

Pengelolaan drainase perkotaan harus dilaksanakan secara menyeluruh, mengacu pada SIDLACOM dimulai dari tahap *Survey*, *Investigation* (investigasi), *Design* (perencanaan), *Land Acquisition* (pembebasan lahan), *Construction* (konstruksi), *Operation* (operasi) dan *Maintenance*

(pemeliharaan), serta ditunjang dengan peningkatan kelembagaan, pembiayaan serta partisipasi masyarakat. Peningkatan pemahaman mengenai sistem drainase kepada pihak yang terlibat baik pelaksana maupun masyarakat perlu dilakukan secara berkesinambungan. Agar penanganan permasalahan sistem drainase dapat dilakukan secara terus menerus dengan sebaik-baiknya.

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Menurut Dr. Ir. Suripin, M. Eng. (2004; 7) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/ atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut.

Sistem drainase perkotaan melayani pembuangan kelebihan air pada suatu kota dengan cara mengalirkannya melalui permukaan tanah atau lewat di bawah permukaan tanah, untuk dibuang ke sungai, laut dan danau. Kelebihan air tersebut dapat berupa air hujan, air limbah domestik maupun air limbah industri. Oleh karena itu agar dapat mencegah terjadinya banjir pada daerah perkotaan, suatu sistem drainase perkotaan harus terpadu dengan sanitasi, sampah, pengendalian banjir kota dan juga keadaan lingkungan daerah sekitar.

Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase di sini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air dan banjir.

Kegunaan dengan adanya saluran drainase ini adalah untuk mengeringkan daerah becek dan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah, menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal, mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada, mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

Perubahan tata guna lahan yang mengarah pada industrialisasi dan penambahan pemukiman dengan sistem beton. Di sisi lain lahan hijau sebagai lahan penampungan air tanah semakin berkurang. Ini tentunya akan mengurangi debit resapan. Sehingga debit limpasan akan semakin besar. Dan apabila tidak dibarengi perbaikan saluran drainase tentunya perubahan tata guna lahan ini bisa menjadi penyebab besar banjir.

Perubahan tataguna lahan seperti pemukiman contohnya akan mengakibatkan perubahan infiltrasi. Ketika suatu lahan dipenuhi oleh bangunan maka, air limpasan akan semakin besar dikarenakan semakin minimnya ruang infiltrasi. Ini sangat penting dalam hitungan dalam menentukan koefisien limpasan. Kesalahan menentukan koefisien limpasan cukup fatal juga dalam perencanaan drainase.

Hal inilah yang akan mendorong terjadinya banjir. Banjir akan selalu berpeluang terjadi dikarenakan konsep drainase yang diterapkan pemerintah masih konvensional. Saat ini di mana laju perubahan tata guna lahan yang semakin pesat diperlukan upaya ekologis untuk menanggulangi laju limpasan yang sangat besar. Saat ini di tengah krisis air ketika musim kemarau, diperlukan upaya agar konsep membuang air secepat-cepatnya diganti dengan konsep tampungan air sementara dan juga lahan-lahan penyerapan air.

Jaringan drainase perkotaan meliputi seluruh alur air, baik alur alam maupun alur buatan yang hulunya terletak di kota dan bermuara di sungai yang melewati kota tersebut atau bermuara ke laut di tepi kota tersebut. Drainase perkotaan melayani pembuangan kelebihan air pada suatu kota dengan cara mengalirkannya melalui permukaan tanah (*surface drainage*) atau lewat di bawah permukaan tanah (*sub surface drainage*), untuk dibuang ke sungai, laut atau danau. Kelebihan air tersebut dapat berupa air hujan, air limbah domestik maupun air limbah industri. Oleh karena itu, drainase perkotaan harus terpadu dengan sanitasi, sampah, pengendalian banjir kota dan lain-lain.

Sebagai kesimpulan, jika dirunut ke belakang, akar permasalahan banjir di perkotaan atau suatu wilayah berawal dari pertambahan penduduk yang sangat cepat dari kota/wilayah tersebut. Hal ini terjadi akibat dari pertumbuhan penduduk yang sangat cepat diatas rata-rata pertumbuhan nasional, akibat urbanisasi baik migrasi maupun permanen. Pertambahan penduduk yang tidak diimbangi dengan penyediaan sarana dan prasarana perkotaan yang memadai menyebabkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi tidak tertib dan tidak terkendali dengan baik.

Di samping itu juga disebabkan oleh tingkat kesadaran Sumber Daya Manusia (SDM) di dalam institusi pemerintah, serta masyarakat yang masih rendah dan acuh tak acuh terhadap permasalahan yang dihadapi kota, khususnya kinerja drainasenya. Hal inilah yang menyebabkan persoalan drainase perkotaan/wilayah menjadi sangat kompleks. Berdasarkan kondisi di lapangan, pengelolaan kinerja drainase di setiap kota di Indonesia belum berjalan dengan efektif sesuai dengan tugas dan tanggung jawab antar stakeholder, bahkan terkesan saling lempar tanggung jawab.

Bab 6

Analisis Statistik dan Analisis Intensitas Hujan

6.1 Pendahuluan

Dalam upaya untuk mengatasi dan mengurangi masalah genangan air hujan di berbagai kota di Indonesia, maka pemerintah mempunyai strategi dan program-program bidang cipta karya, di mana salah satu program tersebut adalah sektor drainase. Ditinjau dari ketersediaan prasarana drainase kota yang ada saat ini terdapat indikasi bahwa tingkat kebutuhan sudah jauh di atas tingkat penyediaan, utamanya untuk kota-kota yang sedang pesat mengalami proses pembangunan.

Sebab-sebab terjadinya banjir dan genangan, pada dasarnya dapat dibagi dua, yaitu akibat kondisi alam setempat misalnya curah hujan yang tinggi, kondisi topografi yang landai dan adanya pengaruh pengempangan (back water) dari sungai atau laut. Sedang yang termasuk dalam tingkah laku manusia adalah misalnya masih banyaknya kebiasaan membuang sampah ke dalam saluran/sungai, hunian di bantaran sungai, dan adanya penyempitan saluran atau sungai akibat adanya suatu bangunan misalnya gorong-gorong atau jembatan atau terjadinya sedimentasi.

Selain itu masalah banjir atau genangan dapat pula disebabkan oleh karena belum tertatanya dengan baik sistem drainase yang diperlukan, atau karena kurang terpeliharanya saluran drainase yang sudah ada. Dalam suatu pekerjaan untuk melaksanakan perencanaan yang mendetail suatu proyek maka diperlukan suatu pedoman perencanaan untuk memudahkan perencanaan pedoman biasa disebut dengan kriteria perencanaan.

Kriteria perencanaan harus dapat disesuaikan dengan keadaan lokasi proyek, agar didapatkan hasil yang memuaskan. Kriteria perencanaan untuk proyek drainase kota terdiri dari 5 pembahasan teknik utama, yaitu:

1. Kriteria penentuan/pembagian daerah layanan (sub. Catchment Area)
2. Kriteria pengukuran topografi.
3. Kriteria hidrologi.
4. Kriteria saluran dan bangunan.
5. Kriteria struktur.

6.2 Kriteria Penentuan Daerah Layanan (Sub Catchment Area)

Dalam menentukan luasan catchment area suatu saluran yang melayani suatu areal tertentu, perlu diperhatikan sistem drainase pada kota tersebut secara keseluruhan. Mengingat masing-masing areal pelayanan dari setiap saluran merupakan sebuah sub sistem dari setiap saluran merupakan sebuah sub sistem dari sistem drainase kota sebagai suatu kesatuan.

Penentuan besarnya catchment area bergantung pada berbagai faktor, antara lain:

1. Kondisi topografi daerah proyek.
2. Sarana/prasarana drainase yang sudah ada.
3. Saran/prasarana drainase yang sudah ada dan yang akan dibangun.
4. Sarana/prasarana kota lainnya seperti jaringan listrik, air bersih, telepon, dan lain-lain.
5. Ketersediaan lahan alur saluran.

6.3 Kriteria Pengukuran Topografi

Pengukuran topografi saluran adalah untuk mendapatkan situasi memanjang dan melintang saluran serta situasi bangunan yang ada yang akan direncanakan. Sebagai referensi untuk pelaksanaan pengukuran topografi digunakan titik tetap yang telah ada di kota yang bersangkutan.

Metode pengukuran yang dilakukan meliputi:

1. Pengukuran polygon/perbaikan peta
Pengukuran ini pada base line yang dibuat di sebelah saluran (pada bahu jalan atau tanggul) melalui patok-patok dengan prosedur sudut poligon diukur seri ganda (biasa/luar biasa) dengan menggunakan theodolite (TO).
2. Pengukuran Waterpass/Levelling
Pengukuran waterpass ini menggunakan alat ukur Automatic Levelling seperti B2Sokhisha atau Topcon. Pengukuran ini dilakukan pada titik polygon dan diikat di titik referensi yang dipakai.
3. Cross Section
Cross section dilakukan setiap interval maksimum 100 meter dengan metode stadia survei di mana titik cross jalur sudah dikontrol elevasinya dengan alat Automatic Levelling.
4. Pemasangan Benchmark
Pemasangan Bench Mark dilakukan pada tempat-tempat yang aman dan diikat ke sistem koordinat yang ada. BenchMark ini dibuat dari kolom beton 20/20 cm dengan tinggi 1,0 m, dan bagian yang tertanam dalam tanah +70 cm yang pangkalnya dibuat kaki atau fondasi telapak bersilang untuk pemberat dan stabilitas.
5. Titik Referensi
Titik referensi yang digunakan dalam pekerjaan drainase adalah titik tetap yang ada di dalam kota.

6.4 Kriteria Hidrologi

Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan pengamatan periode jangka pendek, yakni dalam satuan menit. Data yang dipergunakan diperoleh dari stasiun pengamatan curah hujan otomatis yang digambarkan dalam bentuk grafik. Stasiun yang dipilih adalah stasiun yang terletak di daerah perencanaan atau observasi (Point Rainfall) dan pada stasiun yang berdekatan dan masih memberi pengaruh pada daerah perencanaan dengan syarat benar-benar dapat mewakili kondisi curah hujan daerah tersebut.

Tahap awal yang perlu dilakukan dalam pemilihan data curah hujan yang akan dipakai dalam analisa adalah meneliti kualitas data curah hujan, yakni mengenai lokasi pengamatan, lama pengamatan yang dapat diandalkan adalah lebih besar dari 15 tahun. Semakin banyak data dan lama periode pengamatan akan lebih akurat karena kemungkinan kesalahan/penyimpangan bisa diperkecil.

Apabila data curah hujan pengamatan jangka pendek tidak didapatkan pada daerah perencanaan, maka analisa intensitas curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan data pengamatan curah hujan maksimum selama 24 jam.

Analisa Curah Hujan

Analisa frekuensi adalah analisa kejadian yang diharapkan terjadi rata-rata sekali dalam n tahun dengan kata lain periode berulangnya sekian tahun. Metode analisa frekuensi yang diterapkan pada perencanaan sistem drainase adalah dengan cara “Ekstrem Value“ dari E.g. Gumbel, yakni suatu metode distribusi frekuensi yang mendasarkan pada karakteristik dari penyebaran dengan menggunakan suatu koreksi yang variabel dan menggunakan distribusi dari harga-harga maksimum.

Rumus untuk menghitung frekuensi adalah:

$$X_t = X + k \cdot S_n$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$Y_t = -(0.834 + 2.303 \log \log \frac{Tr}{Tr - 1})$$

Di mana:

- X_t = Besar aliran/curah hujan periode ulang t tahun.
- X = Curah hujan maksimum rata-rata selama pengamatan.
- S_n = Standar deviasi.
- K = Faktor frekuensi.
- Y_n = Reduced Mean.
- Y_t = Reduced Variate.

Tabel 6.1: Reduced Variate (Yr)

Return Period (Years) = T	Reduced Variate= Yt
2	0.3655
5	1.4999
10	2.2502
20	2.9702
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001
200	5.2958

Keterangan:

Untuk setiap perhitungan yang mempergunakan Tabel 7.1 dapat pula dengan memakai rumus

Intensitas curah hujan adalah curah hujan yang terjadi pada satuan waktu. Intensitas curah hujan diperhitungkan terhadap lamanya hujan (durasi) dan frekuensinya atau yang dikenal dengan lengkung intensitas durasi frekuensi (IDF Curve). Intensitas curah hujan dipergunakan untuk menentukan besar aliran permukaan (Run Off). Pada perhitungan intensitas curah hujan diperlukan data curah hujan jangka pendek (5-60 menit), yang mana data curah hujan jangka pendek ini hanya di dapat dari data pengamatan curah hujan otomatis dari kertas diagram yang terdapat pada peralatan pencatatan.

Apabila data curah hujan yang tersedia hanya merupakan data pencatatan curah hujan rata-rata maksimum harian (R240) maka dapat dipergunakan rumus Bell:

$$P_i = (0.21 \ln T - 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.5)P^{60}(T)$$

Di mana:

P_i = Persentasi/intensitas curah hujan t menit dengan periode ulang T tahun.

$P_{60}(T)$ = Perkiraan curah hujan jangka waktu 60 menit dengan periode ulang T tahun

Perhitungan data curah hujan dengan data pengamatan jangka pendek sesuai durasi dipakai rumus-rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t + b}$$

Di mana:

$$a = \frac{(it)(i^2) - (i^2t)(i)}{N(t^2) - (i)(i)}$$

$$b = \frac{(i)(it) - (N)(i^2t)}{N(i^2) - (i)(i)}$$

a. Formula Sherman

$$I = \frac{a}{t^n}$$

Di mana:

$$\text{Log } a = \frac{(\log i)(\log t)^2 - (\log t)(\log i)(\log t)}{N(\log t)^2 - (\log t)(\log t)}$$

$$n = - \frac{(\log i)(\log t) - N(\log t)(\log i)}{(\log t)^2 - (\log t)(\log t)}$$

b. Formula Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}}$$

Di mana:

$$a = \frac{(t\sqrt{t})(t^2) - (i\sqrt{t})(t)}{N(t^2) - (i)(i)}$$

$$b = \frac{(i)(i\sqrt{t}) - N(t^2t)}{N(t^2) - (i)(i)}$$

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/menit)

T = Lamanya curah hujan atau durasi (menit)

I = Presitas/intensitas curah hujan jangka pendek t_{max}

A, b, n = Konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan

N = Jumlah pengamatan

Seandainya data curah hujan pengamatan jangka pendek tidak di dapat pada daerah perencanaan, maka analisa intensitas curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan data curah hujan pengamatan maksimum selama 24 jam dan selanjutnya dihitung dengan memakai Formula Dr. Manonobe.

$$i = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

I = Intensitas curah hujan

T = Waktu hujan atau durasi (menit)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

6.4.1 Hubungan Antara Intensitas, Durasi dan Frekuensi

Data dasar yang dipakai untuk menurunkan hubungan antara intensitas, durasi dan frekuensi adalah data rekaman curah hujan dengan data hasil akhir yang disajikan dalam bentuk tabel atau kurva. Data tersebut sangat dipengaruhi oleh letak serat kerapatan stasiun curah hujan, ketepatan pengukuran dan lamanya/panjang pengamatan.

Cara analisa seri waktu

Cara ini dapat dilakukan apabila semua data lengkap, pertama setiap durasi curah hujan tertentu dengan intensitas maksimum tahunannya dicatat dan dengan menggunakan data curah hujan pengamatan maksimum selama 24 jam dan selanjutnya dengan memakai Formula Dr. Mononobe.

$$i = \frac{R^{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Data dasar yang dipakai untuk menurunkan hubungan antara intensitas, durasi dan frekuensi adalah data rekaman curah hujan dengan data hasil yang disajikan dalam bentuk tabel dan kurva. Data tersebut sangat dipengaruhi oleh letak serat kerapatan stasiun curah hujan, ketepatan pengukuran dan lamanya/panjang pengamatan.

Cara ini dapat dilakukan apabila semua data lengkap, pertama setiap durasi curah hujan tertentu dengan intensitas maksimum tahunannya dicatat dan ditabulasikan, satu data mewakili satu tahun. Disusun secara berurutan dan dihitung analisa frekuensinya, susun durasi curah hujan menurut frekuensinya. Turunkan intensitas curah hujan (mm/jam) kemudian diplot dalam salib sumbu dengan durasi sebagai axis dan intensitas sebagai ordinat.

Periode ulang

Periode ulang ditetapkan berdasarkan kebutuhan drainase pada suatu daerah sebagai Catchment Area seperti pada Tabel di bawah ini:

Tabel 6.2: Periode ulang

Jenis Kota	Catchment Area (Ha)			
	10	10-100	100-500	>500
Metropolitan	1-2	2-5	5-10	10-25
Kota Besar	1-2	2-5	2-5	5-15
Kota Sedang	1-2	2-5	2-5	10
Kota Kecil	1-2	1-2	1-2	2-5
Kota Sangat Kecil	1	1	1	-

Sumber: Urban Drainage Guidelines and Design Standard

Pada tahun n Ujung Pandang memasuki kategori kota metropolitan dengan jumlah penduduk kurang lebih 1 juta jiwa. Namun dalam perhitungan desain

masih dianggap kota besar. Karena keterbatasan dana dan lahan serta sistem pengaliran yang ada adalah sistem pengaliran gravitasi.

Debit Aliran

Untuk menghitung debit puncak rencana digunakan Rasional Method (RM) di mana data hidrologi memberikan kurva intensitas durasi frekuensi (IDF) yang seragam dengan debit puncak dari hujan rata-rata sesuai waktu konsentrasi. Debit puncak dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$Q = 0.00278.Cs.C.I.A$$

Di mana:

- Q = Debit puncak rencana (m³/det)
- I = Intensitas (mm/jam) yang diperoleh dari IDF curve berdasarkan waktu konsentrasi
- A = Luas Catchment Area (Ha)
- Cs = Storage Coefficient

1. Koefisien Pengaliran (Runoff Coefisient)

Pada saat terjadi hujan pada umumnya sebagian mengalami infiltrasi dan evaporasi. Bagian hujan yang mengalir di atas permukaan tanah dan saat sesudahnya merupakan limpasan/pengaliran.

Besarnya koefisien pengaliran untuk daerah perencanaan disesuaikan dengan karakteristik daerah pengaliran yang dipengaruhi oleh tata guna lahan (Land Use) yang terdapat dalam wilayah pengaliran tersebut. Besarnya koefisien pengaliran dapat dilihat dari Tabel 7.3.

Tabel 6.3: Besarnya Koefisien Pengaliran

Kondisi	Koefisien	Karakteristik	Koefisien
Pusat Perdagangan	0.7-0.95	Permukaan Aspal	0.7-0.95
Lingkungan Sekitar	0.5-0.7	Permukaan Beton	0.8-0.95
Rumah Tinggal	0.3-0.5	Permukaan Batu Buatan	0.7-0.85
Kompleks Perumahan	0.4-0.6	Permukaan Kerikil	0.15-0.35
Daerah Pinggiran	0.25-0.4	Alur Setapak	0.1-0.85

Apartemen	0.5-0.7	Atap	0.75-0.95
Industri Berkembang	0.5-0.8	Lahan Tanah Berpasir	0.05-0.1
Industri Besar	0.6-0.9	Kemiringan 2 %	0.1-0.15
Taman Perkuburan	0.1-0.25	Kemiringan 2 s/d 7 %	0.15-0.2
Taman Bermain	0.1-0.25	Bertrap 7 %	0.13-0.17
Daerah Belum Berkembang	0.1-0.3	Tanah Keras Kemiringan	0.18-0.22

2. Waktu

Waktu adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik terjauh dari catchment area menuju suatu titik tujuan. Besar waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus:

$$tc = to + td \text{ (menit)}$$

Di mana:

To = Waktu pengaliran air pada permukaan tanah yang dapat di analisa dengan gambar.

T = Waktu pengaliran pada saluran, besarnya dapat di analisa dengan rumus.

$$Td = L/V$$

Di mana:

L = Jarak aliran dari tempat masuknya air sampai pada tempat yang dituju.

V = Kecepatan aliran (m/det).

3. Koefisien Penampungan

Makin besar catchment area maka besar pengaruh adanya gelombang banjir yang harus diperhitungkan, untuk itu pengaruh tampungan di saat mengalami puncak pengaliran debit dihitung dengan menggunakan Rational Method dengan mengalirkan suatu koefisien daya tampung daerah tangkapan hujan, sehingga bentuk perhitungan menggunakan Metode Rational Modifikasi (RMM), besar koefisien tersebut:

$$Q_p = \frac{0.02081 \cdot A \cdot Q}{T_p}$$

Di mana:

- Q_p = Debit puncak banjir (m³/det)
 A = Luas daerah tangkapan (ha)
 T_p = Waktu puncak hydrograph (jam)

$$D/2 + \text{Log Time atau } 0,7 T_c$$

Di mana:

- D = Lamanya terjadi hujan
 Q = Aliran permukaan/limpasan langsung (Direct run
 Off)

$$Q = \frac{(P - I_A)^2}{(P - L_A) + S}$$

$$S = \frac{1000}{CN}$$

$$CN = \frac{25400}{254 + S}$$

Di mana:

- I_A = Abstraksi awal ($I_A = 2,5$ mm untuk DAS
 Indonesia atau $I_A = 0,2S$)
 P = Hujan harian maksimum
 CN = Curve Number
 S = Daya tampung (cm)
 T_p = $D/2 + \log_{10}$ atau $0,7 \times T_c$
 D = Lamanya hujan

Klasifikasi jenis tanah hidrologi:

1. Kelompok A

Terdiri dari tanah-tanah berpotensi rendah, daya resapan besar, walaupun kondisi basah. Pada umumnya terdiri dari pasir sampai kerikil yang cukup dalam dengan tingkat transisi yang tinggi (cepat mengering dengan baik).

2. Kelompok B

Terdiri dengan tanah-tanah dengan daya laju penyusupan (infiltrasi) sedang keadaan basah. Umumnya semakin dalam semakin kering dengan tekstur halus sampai kasar dan tingkat transmisi airnya rendah.

3. Kelompok C

Terdiri dari tanah-tanah dengan laju penyusupan yang lambat pada dalam keadaan basah. Biasanya mempunyai lapisan tanah liat yang menghambat proses pengeringan vertikal tekstur agak halus sampai cukup halus dengan transmisi airnya lambat.

4. Kelompok D

Terdiri dari tanah-tanah dengan potensi limpasan tinggi, mempunyai daya laju penyusupan (infiltrasi) yang sangat lambat pada saat basah, umumnya terdiri dari tanah liat dengan penyerapan air yang tinggi (daya swelling) di mana permukaan air tanah (water table) sangat tinggi di atas tanah-tanah permukaan atau tanah-tanah dangkal, tingkat transmisi airnya sangat lambat.

Bab 7

Analisis Hidrograf

7.1 Pendahuluan

Dalam melakukan analisis hidrograf maka perlu diperhatikan berbagai komponen yang membentuk hidrograf tersebut, seperti: aliran dasar (base flow), limpasan langsung (direct run off), hujan mangkus (effective rainfall), kapasitas infiltrasi (Φ index), dan karakteristik DAS (Wilson, 1993). Oleh karena itu dalam pembahasan selanjutnya masing-masing komponen tersebut akan diberikan penjelasan sesuai keperluan untuk analisa hidrograf.

Untuk kebutuhan analisis hidrograf satuan sintetis maka perlu diperhatikan komponen-komponen yang merupakan parameter yang dianggap cukup memadai untuk dapat mendefinisikan hidrograf satuan sintetis tersebut, seperti: lebar dasar hidrograf, debit puncak, kelambatan lembah, dan sebagainya (Wilson, 1993).

Untuk keperluan analisis tersebut maka karakteristik DAS, seperti: luas DAS, bentuk lembah, topografi, kemiringan sungai, kerapatan sungai, kapasitas saluran, dan sebagainya, yang memengaruhi bentuk hidrograf satuan harus diketahui (Sri Harto, 1993). Parameter-parameter tersebut dapat diketahui dari peta topografi. Jika hasil analisis hidrograf satuan dan hidrograf satuan sintetis diperuntukkan untuk menghitung debit banjir rancangan dengan kala ulang tertentu, maka diperlukan analisis hujan rancangan dengan kala ulang yang

sesuai dengan kala ulang banjir yang akan dihitung. Dalam analisis hujan rancangan, diperlukan hujan harian maksimum tahunan.

7.2 Analisis Hidrograf

Menurut Seyhan (1977), hidrograf adalah suatu grafik yang menunjukkan keragaman limpasan dengan waktu. Hidrograf periode pendek terdiri atas sisi naik, puncak dan sisi turun. Bentuk umum hidrograf ini dikendalikan oleh faktor-faktor meteorologis, agihan dan tanah. Hidrograf merupakan salah satu tanggapan aliran sungai terhadap masukan hujan. Menurut Sri Harto (1993), hidrograf dapat diartikan sebagai penyajian grafis antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Hidrograf ini menunjukkan tanggapan menyeluruh (integral response) DAS terhadap masukan tertentu.

Hidrograf terdiri dari tiga bagian, yaitu sisi naik (rising limb), puncak (crest), dan sisi resesi (recession limb). Bentuk hidrograf dapat ditandai dengan tiga sifat pokoknya, yaitu waktu-naik (lime of rise), debit puncak (peak discharge) dan waktu dasar (base time) (gambar 7.1).

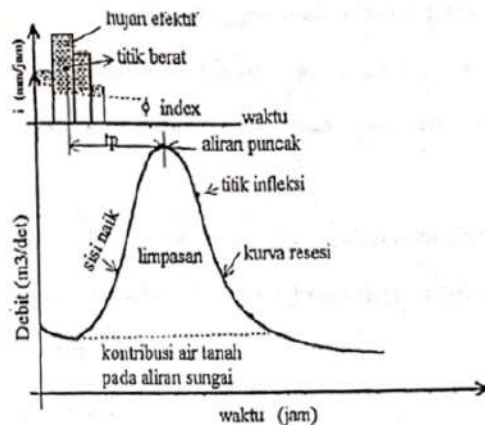
Waktu-naik (TR) adalah waktu yang diukur saat hidrograf mulai naik sampai waktu terjadinya debit puncak. Debit puncak (Q_p) adalah debit maksimum yang terjadi dalam suatu kasus tertentu. Waktu dasar (T_b) adalah waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai waktu di mana debit kembali pada suatu besaran tertentu.

7.2.1 Aliran Dasar dan Kontribusinya

Pada suatu daerah pengaliran, bentuk DAS, topografi, tumbuh-tumbuhan dan geologi mempunyai pengaruh terhadap debit banjir, karakteristik banjir, debit pengaliran dasar dan seterusnya. Bentuk-bentuk daerah pengaliran yang memberi pengaruh terhadap karakteristik aliran dapat dibedakan atas empat bagian penting (Sosrodarsono, 1993), yaitu:

1. daerah pengaliran berbentuk bulu burung;
2. daerah pengaliran radial;
3. daerah pengaliran parallel;
4. daerah pengaliran yang kompleks.

Grafik hidrograf akan sesuai dengan bentuk daerah pengalirannya, maka kejadian banjir sungai dapat terjadi di bagian hilir dengan waktu naik (rising limb) yang lebih cepat dibandingkan dengan waktu turunnya (recession limb) ataupun sebaliknya.



Gambar 7.1: Komponen Hidrograf (Rakhim, 1998)

Apabila aliran sungai merupakan aliran sungai abadi (perennial stream), maka aliran air tanah yang berperan sebagai aliran dasar (base flow) akan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap limpasan langsung (direct run off) sungai tersebut.

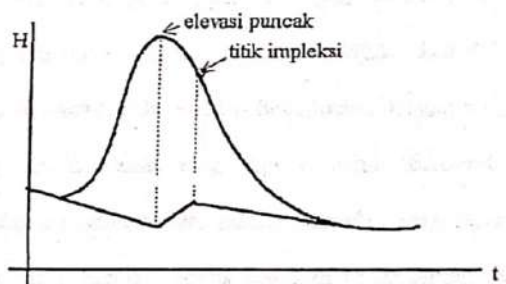
7.2.2 Hidrograf Satuan

Sherman (1932) mengemukakan bahwa dalam suatu sistem daerah aliran sungai (DAS) terdapat satu sifat khas yang menunjukkan sifat tanggapan DAS terhadap suatu masukan hujan tertentu. Tanggapan ini diandaikan tetap untuk masukan dengan besaran dan penyebaran tertentu. Tanggapan yang demikian dalam konsep hidrologi dikenal dengan hidrograf satuan. Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan-langsung yang dihasilkan oleh hujan mangkus yang terjadi merata di seluruh DAS dan dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu yang ditetapkan (Sri Harto, 1993).

Hal penting yang harus dilakukan sebelum mengadakan analisis hidrograf satuan adalah pemisahan aliran dasar dengan limpasan langsung, dan penetapan hujan mangkus.

Pemisahan aliran dasar

Untuk mendapatkan hidrograf limpasan langsung digunakan beberapa metode, antara lain dengan 'straight line method' dan 'fixed base length method' (Linsley, 1986), serta 'variable slope method' (Sri Harto, 1993).



Gambar 7.2: Pemisahan Aliran Dasar Dengan Variable Slope Method (Sri Harto, 1993)

Pemisahan aliran dasar pada hidrograf aliran sungai umumnya dilakukan dengan menggunakan variable slope method, ordinatnya diperoleh dari hidrograf tinggi muka air (stage hydrograph) yang dialih raskan menjadi hidrograf debit (discharge hidrograf) dengan menggunakan persamaan lengkung debit yang diperoleh dari data hasil pengukuran hubungan antara tinggi muka air (H) dengan debit (Q) pada waktu-waktu tertentu.

Menetapkan besarnya hujan mangkus.

Penetapan hujan mangkus (efektif rainfall) untuk memperoleh hidrograf dilakukan dengan menggunakan indeks-infiltrasi (Φ index). Dalam analisis biasanya digunakan pendekatan dengan menggunakan petunjuk Barnes (1959). Perkiraannya dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh parameter DAS yang secara hidrologik dapat diketahui pengaruhnya terhadap indeks-infiltrasi (Sri Harto, 1993). Persamaan pendekatannya adalah sebagai berikut:

$$\Phi = 10,4903 - 3,859 \cdot 10^{-6} A^2 + 1,6985 \cdot 10^{-13} (A/SN)^4 \quad (7-1)$$

Di mana Φ adalah indeks-infiltrasi; A adalah luas DAS; SN adalah frekuensi sumber. Hasil perhitungan Φ index ini dikurangkan dengan jumlah hujan setiap jamnya, sehingga didapatkan besarnya hujan efektif.

Untuk keperluan perhitungan hidrograf satuan ini, data-data yang diperlukan, seperti: rekaman AWLR, data debit, data hujan biasa dan data hujan otomatis

harus tersedia. Selanjutnya dengan mengikuti petunjuk Sri Harto (1993), maka kasus yang dipilih yakni hidrograf terpisah (isolated hydrograph) dan mempunyai satu puncak (single peak), serta hujan yang cukup berikut agihan jam-jamannya.

Analisis hidrograf dapat dilakukan dengan analisis numerik dengan metode penyelesaian persamaan polinomial dan dengan cara Collins. Analisis hidrograf umumnya menggunakan cara Collins, karena dapat digunakan hampir pada semua keadaan, dan pada umumnya selalu memberikan penyelesaian yang baik.

Untuk hal tersebut dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut (Sri Harto, 1993):

1. Hidrograf elevasi muka air (stage hydrograph) dialih-ragamkan menjadi hidrograf debit (discharge hydrograph) dengan liku kalibrasi (lengkung debit).
2. Aliran dasar dipisahkan dari hidrografnya dengan metode variable slope method.
3. Hujan mangkus yang mengakibatkan banjir ditetapkan dengan menggunakan metode indeks-infiltrasi (Φ -index).
4. Hidrograf satuan sebarang ditetapkan, dengan menetapkan ordinat-ordinatnya dengan besaran tertentu.
5. Hidrograf satuan awal dikalikan dengan semua bagian hujan mangkus, kecuali hujan terbesar.
6. Hidrograf limpasan langsung (HLL) yang didapat dari hasil perhitungan (teoritis) dikurangkan dari HLL terukur, maka didapatkan HLL yang ditimbulkan oleh hujan maksimum tersebut, dari sini dapat diperoleh HS kedua.
7. HS kedua ini dibandingkan dengan HS pertama, jika masih terdapat perbedaan yang besar (sesuai dengan patokan yang ditetapkan sebelumnya), maka urutan butir ketiga dan keempat diulangi, dengan menggunakan hidrograf satuan terakhir.
8. Demikian seterusnya hingga diperoleh perbedaan sekecil mungkin antara HS terakhir dengan HS sebelumnya.

Analisis dengan menggunakan metode Collins ini dalam penggunaannya biasa disebut 'hidrograf satuan pengamatan'.

7.2.3 Hidrograf Satuan Sintetik (HSS)

Menurut Wilson dalam Marjuki (1993), pada beberapa daerah aliran yang sama sekali tidak memiliki catatan limpasan, maka dapat dilakukan dengan mengumpulkan hidrograf berdasarkan kejadian atau pengalaman yang lalu pada daerah-daerah lain yang digunakan sebagai perkiraan pertama untuk daerah yang tidak memiliki catatan curah hujan tersebut, hasil dari perlakuan ini disebut hidrograf satuan sintetik.

Menurut Triatmojo (2008) Pada daerah di mana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetik yang didasarkan pada karakteristik dari DAS.

Dalam perkembangan penelitian dalam bidang hidrologi metode Hidrograf Satuan Sintetik ini cukup menarik perhatian para pakar hidrologi, sehingga dewasa ini telah dikenal beberapa metode HSS dengan kekhasannya masing-masing, antara lain:

1. Metode HSS Snyder
2. Metode HSS Nakayasu
3. Metode HSS Soil Conservation Services (SCS)
4. Metode HSS Flood Study Report (FRS)
5. Metode HSS Gama-1 dan Gama-2
6. Metode HSS Limantara
7. Metode HSS ITB-1 dan ITB-2, dll.

Dalam naskah ini hanya akan diuraikan tiga di antara metode-metode yang telah diutarakan sebelumnya, dipilih metode yang paling umum dan cukup fleksibel untuk digunakan dalam perencanaan Drainase Perkotaan, yakni metode HSS Nakayasu, HSS Snyder dan HSS FSR.

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf satuan sintetik Nakayasu merupakan salah satu hidrograf satuan sintetik yang telah dikembangkan. HSS ini dihasilkan berdasar pengamatan empiris di Jepang.

Parameter-parameter dari hidrograf satuan sintetis ini meliputi:

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (time to peak magnitude)
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (time lag)
3. Tenggang waktu hidrograf (time base of hidrograf)
4. Luas daerah pengaliran (catchment area)
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (length of the longest chanel)
6. Koefisien pengaliran (runoff coefficient)

Rumus hidrograf satuan sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut:

$$Qp = \frac{C A R_o}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})} \quad (7-2)$$

Di mana:

Q_p = debit puncak banjir (m³/det)

R_o = hujan satuan (mm)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam).

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30 % dari debit puncak (jam)

$$T_p = T_g + 0,8 T_r \quad (7-3)$$

$$T_{0,3} = \alpha T_g \quad (7-4)$$

Di mana:

- a. Jika panjang sungai > 15 km;

$$T_g = 0,4 + 0,058 L \quad (7-5)$$

- b. Jika panjang sungai < 15 km;

$$T_g = 0,21 L^{0,7} \quad (7-6)$$

Di mana:

T_g = waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam)

a = parameter hidrograf

t_r = satuan waktu hujan (1 jam)

Persamaan hidrograf satuannya adalah sebagai berikut:

1. Waktu naik: ($0 < t < T_p$):

$$Q = Q_{maks} \times \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (7-7)$$

2. Waktu turun:

- a. Untuk batas $0 < t < (T_p + T_{0,3})$:

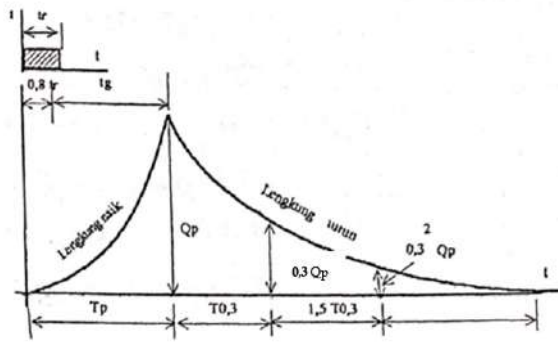
$$Q = Q_{maks} \times (0,3)^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right)} \quad (7-8)$$

- b. Untuk batas $(T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + T_{0,3}^2)$:

$$Q = Q_{maks} \times (0,3)^{\left(\frac{t-T_p+T_{0,3}^2}{1,5 T_{0,3}} \right)} \quad (7-9)$$

- c. Untuk batas $t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$:

$$Q = Q_{maks} \times (0,3)^{\left(\frac{t-T_p+1,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}} \right)} \quad (7-10)$$



Gambar 7.3: Komponen Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (Rakhim, 1998)

Hidrograf Satuan Sintetik Snyder

Hidrograf satuan sintetik (HSS) Snyder pertama kali dikembangkan oleh Snyder (1938) di Amerika Serikat. Snyder mengembangkan rumus empiris

dengan koefisien-koefisien yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik daerah pengaliran. Pendekatan asli yang ditemukan oleh Snyder memilih tiga parameter: yaitu lebar dasar hidrograf, debit puncak, dan kelambatan lembah yang dianggap cukup memadai untuk mendefinisikan hidrograf satuan.

Hidrograf tersebut ditentukan secara cukup baik dengan tinggi $d = 1$ cm, dan dengan ketiga unsur yang lain yaitu Q_p (m³/det), T_b , serta t_r (jam). Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan luas daerah pengaliran A (km²), panjang aliran utama L (km), dan jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan pelepasan LC (km) yang diukur sepanjang aliran utama.

Dengan unsur-unsur tersebut di atas, Snyder membuat rumusan sebagai berikut:

$$tp = Ct (L Lc)^a \quad n = 0,3 \quad (7-11)$$

Di mana:

L = Panjang sungai (Km)

Lc = Panjang sungai dari titik berat basin ke titik tinjauan (km)

T_p = tenggang waktu dari titik berat hujan efektif ke puncak unit hidrograf

Ct, n = koefisien yang tergantung dari slope basinnya.

$$qp = 275 \times (Cp/tp) \quad (7-12)$$

Di mana:

qp = debit maksimum hidrograf satuan (m³/det/km²)

Cp = koefisien karakteristik basin.

$$te = p/5,5 \quad (7-13)$$

te = lamanya curah hujan efektif.

Jika $te > tr$ ($tr = 1$ mm), maka

$$t'p = tp + 0,25 (tr - te) \quad (7-14)$$

Sehingga didapatkan waktu untuk mencapai debit maksimum

$$Tp = t'p = 0,5 tr \quad (7-15)$$

Jika $t_e < t_r$, maka

$$T_p = t_p = 0,5 t_r \quad (7-16)$$

Di mana:

T_p = waktu untuk mencapai puncak (time rise to peak)

T_r = lamanya hujan efektif 1 jam

$$Q_p = q_p \frac{h}{1000} A \quad (7-17)$$

Di mana:

Q_p = debit maksimum total (m³/det)

A = luas DAS (km²)

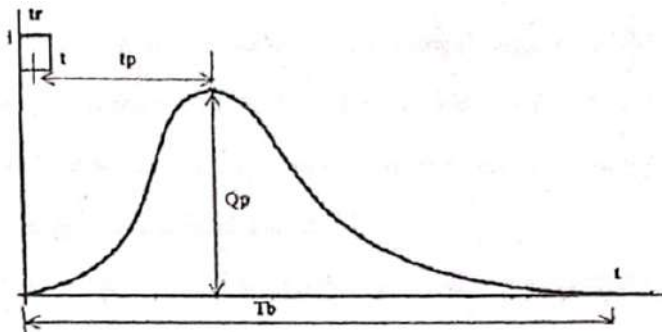
h = curah hujan (1 mm)

waktu dasarnya adalah sebagai berikut

$$T_b = 72 + 3 t_p \quad (7-18)$$

Koefisien-koefisien C_t dan C_p harus ditentukan secara empiris, karena besarnya berubah-ubah antara daerah yang satu dengan daerah yang lain. Besarnya $C_t = 0,75 - 3,00$ sedangkan $C_p = 0,90 - 1,40$.

Hidrograf satuan sintetik metode Snyder dapat dilihat pada Gambar 7.4.



Gambar 7.4: Hidrograf satuan sintetik Snyder (Rakhim, 1998)

Hidrograf yang didapatkan dari perhitungan ini adalah hidrograf satuan tak berdimensi, sehingga untuk proses perhitungan hidrograf satuannya digunakan persamaan Alexeyev, sebagai berikut:

$$Q = f(t) \quad (7-19)$$

$$Y = q/Qp \text{ dan } X = t/Tp \quad (7-20)$$

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} \quad (7-21)$$

$$a = 1,32 \lambda^2 + 0,15 \lambda + 0,045 \quad (7-22)$$

$$\lambda = \frac{Qp \cdot Tp}{h \cdot A} \quad (7-23)$$

h = tinggi hujan (1 mm)

di mana semua parameter seperti takrif sebelumnya.

Hidrograf Satuan Sintetik FSR

Metode yang diberikan FSR (Flood Study Report) merupakan metode sintesa hidrograf satuan 1 jam bagi daerah aliran tak terukur dan pemilihan hujan rancangan yang cocok diaplikasikan pada daerah tinjauan. Metode ini juga menggunakan tiga parameter, yaitu: waktu terjadinya debit puncak, debit puncak, dan lebar dasar hidrograf. Akan tetapi parameter-parameter tersebut menggunakan takrif yang agak berbeda.

Menurut Wilson (1993), waktu sampai terjadinya debit puncak adalah waktu sampai terjadinya puncak dari suatu hidrograf satuan 1 jam yang diukur mulai dari permulaan limpasan reaksi (start of response runoff). T_p (jam), dapat dihitung dengan rumus pendekatan:

$$T_p = 46,6(MSL)^{0,14} (S1085)^{-0,38} (1 + URBAN)^{-1,99} (RSMD)^{-0,4} \quad (7-24)$$

Di mana:

T_p = waktu puncak

MSL = panjang sungai utama (km), yang diukur dari peta 1: 50.000

$S1085$ = kemiringan yang diperoleh dengan mengidentifikasi dua titik pada jarak 10% dan 80% dari panjang sungai utama dari "titik lepas" daerah aliran sebagaimana ditunjukkan

pada peta berskala 1: 50.000 dan menetapkan perbedaan elevasinya dan panjang sungai antara kedua titik tersebut (m/km).

URBAN = bagian daerah aliran dalam pengembangan daerah perkotaan.

RSMD = curah hujan M5 1-hari, dikurangi defisit lengas tanah rerata efektif.

Puncak hidrograf satuan Q_p dalam satuan $m^3/detik/km^2$ dapat dihitung dengan:

$$Q_p = 220/T_p \quad (2-25)$$

Di mana:

Q_p = debit puncak banjir (m^3/det)

T_p = waktu puncak

Sedangkan lebar dasar hidrograf dihitung dengan:

$$T_b = 2,52 T_p \quad (2-26)$$

Di mana:

T_b = waktu dasar

T_p = waktu puncak

Ketiga parameter, T_p , Q_p dan T_b , memungkinkan digambarnya hidrograf satuan yang merupakan hidrograf satuan 1-jam. Untuk perhitungan hidrograf satuannya digunakan persamaan Alexejev, persamaan (7-19) sampai dengan (7-23).

7.2.4 Uji Penyimpangan Ordinasi

Oleh karena penggunaan Hidrograf Satuan Sintetik pada lokasi yang berbeda berpotensi memiliki perbedaan karakteristik daerah pengaliran, maka perlu dilakukan uji penyimpangan ordinat. Uji penyimpangan ini dapat dilakukan setelah dilakukan kalibrasi terhadap parameter dari masing-masing metode HSS. Uji ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar penyimpangan ordinat dan HSS terkalibrasi dibandingkan dengan HS pengamatan (misalnya dengan menggunakan metode Collins).

Hasil uji penyimpangan ini akan memperlihatkan metode HSS yang menunjukkan penyimpangan terkecil, dalam hal ini kita akan memilih metode apa yang akan digunakan pada DAS atau daerah tinjauan berdasarkan hasil uji penyimpangan koordinat tersebut.

Uji ini dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$PY = \left| \frac{\Sigma Yp - \Sigma Ys}{\Sigma Yp} \right| \times 100\% \quad (7-27)$$

Di mana:

PY = penyimpangan ordinat (%)

ΣYp = jumlah ordinat HS banjir pengamatan

ΣYs = jumlah ordinat HSS

7.2.5 Pemilihan Model

Menurut (Sumarto, 1987) pemilihan model pada dasarnya adalah mencari U (t,0) dari suatu daerah pengaliran dengan cara melakukan simulasi terhadap sejumlah model, kemudian memilih salah satu yang dianggap paling mewakili. Untuk pemilihan model biasanya dilakukan dengan menggunakan uji 'Fungsi Ketelitian' (accuracy nction) dengan angka ketelitian sama dengan 0. Fungsi ketelitian dihitung dengan persamaan berikut.

$$F = \Sigma (Rc - Rm)^2 \cong 0 \quad (7-28)$$

Di mana F adalah fungsi ketelitian, Rc adalah ordinat limpasan yang dihitung, dan Rm adalah ordinat limpasan yang diukur.

7.2.6 Hidrograf Banjir Rancangan

Pembahasan ini hanya merupakan penjelasan tambahan. Karena pada dasarnya jika hidrograf satuan sintetik sudah ditemukan, maka perhitungan debit banjir rancangan kala ulang tertentu dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur berikut:

1. Hitung besarnya hujan rancangan dengan kala ulang tertentu sesuai yang dibutuhkan.

2. Hitung distribusi hujan efektif tiap jam untuk masing-masing kala ulang.
3. Kalikan hujan efektif setiap jam dengan hidrograf satuan yang telah dihitung untuk setiap metode yang dipilih.
4. Hasil perkalian tersebut ditambah dengan aliran dasar, hasil penjumlahannya adalah debit banjir rancangan yang diinginkan. Namun perhitungan debit banjir rancangan (Q_d) untuk kebutuhan perencanaan saluran Drainase Perkotaan biasanya tidak dibutuhkan aliran dasar (Q_{bf}), mengingat salurannya bukan saluran alami (sungai).

Bab 8

Desain Drainase Perkotaan

8.1 Pendahuluan

Hujan dan Limpasan

Hujan adalah sebuah presipitasi berwujud cairan, berbeda dengan presipitasi non-cair seperti salju, batu es dan slit. Hujan memerlukan keberadaan lapisan atmosfer tebal agar dapat menemui suhu di atas titik leleh es di dekat dan di atas permukaan Bumi. Di Bumi, hujan adalah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di daratan. Dua proses yang mungkin terjadi bersamaan dapat mendorong udara semakin jenuh menjelang hujan, yaitu pendinginan udara atau penambahan uap air ke udara.

Virga adalah presipitasi yang jatuh ke Bumi namun menguap sebelum mencapai daratan; inilah satu cara penjemuran udara. Presipitasi terbentuk melalui tabrakan antara butir air atau kristal es dengan awan. Butir hujan memiliki ukuran yang beragam mulai dari gepat, mirip panekuk (butir besar), hingga bola kecil (butir kecil).

Kelembaban yang bergerak di sepanjang zona perbedaan suhu dan kelembaban tiga dimensi yang disebut front cuaca adalah metode utama dalam pembuatan hujan. Jika pada saat itu ada kelembaban dan gerakan ke atas yang cukup, hujan akan jatuh dari awan konvektif (awan dengan gerakan kuat ke

atas) seperti kumulonimbus (badai petir) yang dapat terkumpul menjadi ikatan hujan sempit. Di kawasan pegunungan, hujan deras bisa terjadi jika aliran atas lembah meningkat di sisi atas angin permukaan pada ketinggian yang memaksa udara lembab mengembun dan jatuh sebagai hujan di sepanjang sisi pegunungan.

Di sisi bawah angin pegunungan, iklim gurun dapat terjadi karena udara kering yang diakibatkan aliran bawah lembah yang mengakibatkan pemanasan dan pengeringan massa udara. Pergerakan truf monsun, atau zona konvergensi intertropis, membawa musim hujan ke iklim sabana. Hujan adalah sumber utama air tawar di sebagian besar daerah di dunia, menyediakan kondisi cocok untuk keragaman ekosistem, juga air untuk pembangkit listrik hidroelektrik dan irigasi ladang. Curah hujan dihitung menggunakan pengukur hujan. Jumlah curah hujan dihitung secara aktif oleh radar cuaca dan secara pasif oleh satelit cuaca.

Limpasan permukaan adalah aliran air yang mengalir di atas permukaan karena penuhnya kapasitas infiltrasi tanah (Robert E. Horton, 1933). Limpasan merupakan unsur penting dalam siklus air dan salah satu penyebab erosi (Keith Beven, 2004). Limpasan yang muncul di permukaan sebelum mencapai saluran disebut sumber tidak langsung. Ketika limpasan mengalir di tanah, limpasan tersebut dapat mengambil kontaminan tanah seperti minyak bumi, pestisida, atau pupuk. Bila sumber tidak langsung mengandung kontaminan semacam itu, limpasan tersebut disebut polusi sumber tidak langsung.

Menurut E.M. Wilson (1993), terdapat hubungan umum sebab dan akibat antara curah hujan dan limpasan, hubungan itu tidak bersifat langsung. Jika uapan, cegatan, simpanan lekukan, resapan, dan ketunaan kelengasan tanah semuanya diperhitungkan, dan curah hujan sisa yang terhasil dengan berbagai kelembatan telah dikenakan kepada DAS dengan berbagai ukuran, kemiringan, bentuk, ketinggian, geologi bawah permukaan dan iklim, maka hubungan itu haruslah mencakup semua nilai paling tidak pada jangka yang pendek. Walaupun demikian mungkin saja kita membuat hubungan empiris bagi DAS tertentu yang didasarkan pada curahan dan limpasan tahunan.

Daerah pengaliran

Daerah pengaliran meliputi daerah aliran sungai dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut (Tamrin, 2017):

1. Tata guna lahan pada daerah hutan lebat akan mengurangi terjadinya limpasan, hal ini dikarenakan air hujan yang jatuh sebagian disimpan

pada daun tumbuh–tumbuhan (interception storage) dan sebagian yang jatuh ke permukaan tanah akan mengalami infiltrasi. Sebaliknya pada daerah permukiman atau daerah terbuka hujan yang jatuh ke permukaan tanah tidak ada yang menghalangi sehingga sebagian besar air hujan mengalir langsung menjadi limpasan karena curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah tersebut dengan cepat melebihi kecepatan infiltrasi.

2. Topografi terutama kemiringan permukaan tanah merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan limpasan mengalir ke sungai. Di samping itu panjang lereng juga mempunyai faktor yang berpengaruh terhadap limpasan, semakin panjang lereng pada daerah aliran sungai kecepatan limpasan menuju sungai semakin lambat, namun tangkapannya lebih besar apabila dibandingkan dengan aliran yang terjadi pada lereng yang terjal atau pendek.
3. Jenis tanah dengan tekstur berbeda pada tanah berpasir pengaruhnya terhadap kapasitas infiltrasi lebih besar apabila dibandingkan dengan jenis tanah yang bertekstur lempung dan debu, di samping itu bahan–bahan kolodial tanah juga merupakan faktor–faktor yang berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi karena bahan–bahan ini mempunyai sifat mengembang dan menyusut sesuai variasi kadar kelembaban tanah.
4. Kelembaban tanah merupakan faktor yang memengaruhi kapasitas infiltrasi. Pada permukaan tanah lembab, kemampuan tanah untuk menyerap air semakin berkurang sehingga pada kondisi hujan, aliran permukaan akan menjadi lebih besar, karena sebagian pori–pori tanah terisi oleh air tanah.

Intensitas Hujan

Intensitas adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda–beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris (S.N, 1997).

Hujan Rencana

Intensitas hujan rencana didasarkan pada:

1. Data hujan runtut waktu minimal 5 tahun, berupa data rata-rata harian, menit atau jam.
2. Durasi hujan adalah 2, 5, 10, 10, 15, 20, 25, 50 menit dan seterusnya;
3. Periode ulang hujan (PUH) adalah 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun, disesuaikan dengan kebutuhan. Biasanya desain saluran sekunder digunakan PUH 5 tahun, saluran primer digunakan PUH 10 tahun, daerah layanan ≤ 50 hektar digunakan PUH (2 – 10) tahun dan daerah layanan > 50 hektar digunakan PUH (10 – 25) tahun.
4. Analisis frekuensi dengan rumus Gumbel, Log Normal dan/atau Log Pearson III (Kamiana, 2011; Subarkah, 1980).
5. Analisis intensitas hujan (I) dengan rumus Ishiguro, Sherman dan/atau Talbot (Suyono dan Takeda, 1993). Dalam rumus tersebut, intensitas hujan (I) rencana ditetapkan berdasarkan nilai dengan deviasi terkecil. Intensitas hujan dapat juga dengan rumus Mononobe atau Van Breen atau rumus lain, disesuaikan data hujan yang tersedia.

Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah hujan yang turun di daerah tersebut (Subarkah, 1980). Koefisien pengaliran merupakan cerminan dari karakteristik daerah pengaliran dan dinyatakan dengan nilai C antara (0 – 1).

Koefisien pengaliran bergantung pada banyak faktor, yaitu faktor meteorologis, faktor daerah aliran dan faktor alih fungsi lahan akibat campur tangan manusia dalam memanfaatkan ruang permukiman dan/atau ketika merencanakan tata guna lahan. Nilai C yang semakin besar, mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa kemampuan permukaan tanah untuk meresapkan air hujan semakin rendah dan menyebabkan jumlah air limpasan di bidang tadah semakin besar.

Koefisien pengaliran (C) dihitung dengan memperhatikan guna lahan bidang tadah (catchment area). Biasanya diukur dari peta tata guna lahan, skala 1: 10000 atau skala 1: 5000.

8.2 Karakteristik Hujan

Durasi Hujan

Durasi hujan adalah lama kejadian hujan (menit, jam, harian) diperoleh terutama dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis. Dalam perencanaan drainase durasi hujan ini sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi, khususnya pada drainase perkotaan diperlukan durasi yang relatif pendek, mengingat akan lamanya genangan.

Intensitas Hujan

Intensitas hujan (I_t) adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris.

Intensitas hujan dianalisis berdasarkan data curah hujan dan data waktu konsentrasi hujan.

Formula Mononobe:

$$I_t = \left(\frac{R}{24}\right)\left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \quad (8.1)$$

Keterangan:

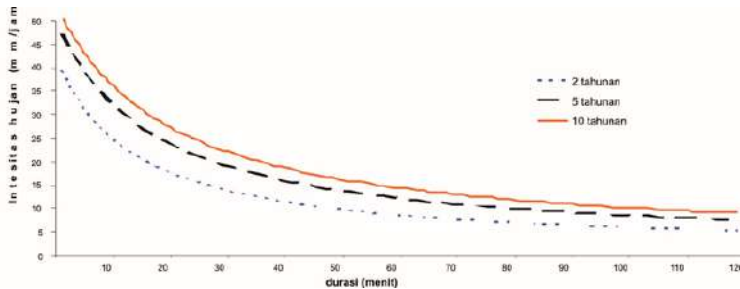
I_t = Intensitas hujan (m/jam, m/det)

R = durasi, curah hujan (mm/jam, mm/etmal)

T_c = waktu konsentrasi (jam, detik)

Lengkung Intensitas Hujan

Lengkung intensitas hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan, hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk lengkung intensitas hujan dengan kala ulang hujan tertentu. Lengkung intensitas biasa disebut juga Kurva IDF (Intensitas-Durasi-Frekuensi).



Gambar 8.1: Lengkung Hujan Untuk Berbagai Kala Ulang

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran.

8.2.1 Data Hujan

Pengukuran

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisis hidrologi pada perancangan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Untuk berbagai kepentingan perancangan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian, akan tetapi juga distribusi jam-jaman atau menit.

Hal ini akan membawa konsekuensi dalam pemilihan data dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis (S.N, 1997).

Alat Ukur

Dalam praktik pengukuran hujan terdapat dua jenis alat ukur hujan yaitu:

1. Alat ukur hujan biasa (Manual Raingauge)

Data yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ini berupa data hasil pencatatan oleh petugas pada setiap periode tertentu. Alat pengukur hujan ini berupa suatu corong dan sebuah gelas ukur, yang masing-masing berfungsi untuk menampung jumlah air hujan dalam satu hari (hujan harian)

2. Alat ukur hujan otomatis (Automatic Raingauge)

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat ini, berupa data pencatatan yang dipasang pada alat ukur. Berdasarkan data ini akan dapat dilakukan analisis untuk memperoleh besaran intensitas hujan.

Tipe alat ukur hujan otomatis ada tiga yaitu:

- a. Weighing Bucket Raingauge
- b. Float Type Rain Gauge
- c. Tipping Bucket Rain Gauge

8.3 Desain Hidrolika

Zat cair dapat diangkut dari satu tempat ke tempat lain melalui bangunan pembawa alamiah maupun buatan manusia. Bangunan pembawa ini dapat terbuka maupun tertutup bagian atasnya. Saluran yang tertutup bagian atasnya disebut saluran tertutup (closed conduits), sedangkan yang terbuka bagian atasnya disebut saluran terbuka (open channels).

Sungai, saluran irigasi, selokan estuari merupakan saluran terbuka, sedangkan terowongan pipa aquaduct, gorong-gorong dan siphon merupakan saluran tertutup (Tamrin, 2017).

8.2.1 Aliran Air Pada Saluran Terbuka

Jenis Aliran

Penggolongan jenis aliran berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan perubahan ruang dan waktu (S.N, 1997).

1. Aliran tunak (steady flow)

Aliran tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk selang waktu tertentu. Aliran tunak diklasifikasikan menjadi:

a. Aliran seragam (uniform flow)

Aliran saluran terbuka dikatakan seragam apabila kedalaman air sama pada setiap penampang saluran.

- b. Aliran berubah (varied flow)
 - Aliran berubah lambat laun
Aliran saluran terbuka dikatakan lambat laun apabila kedalaman aliran berubah secara lambat laun.
 - Aliran berubah tiba-tiba
Aliran saluran terbuka dikatakan berubah secara tiba-tiba apabila kedalaman aliran berubah secara tiba-tiba.
- 2. Aliran Tidak Tunak (unsteady flow)
Aliran tidak tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu. Aliran tidak tunak diklasifikasikan:
 - a. Aliran seragam tidak tunak (unsteady uniform flow)
Aliran saluran terbuka di mana alirannya mempunyai permukaan yang berfluktuasi sepanjang waktu dan tetap sejajar dengan dasar saluran.
 - b. Aliran berubah tidak tunak (unsteady varied flow)
Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang.
 - Aliran tidak tunak berubah lambat laun.
Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara lambat laun
 - Aliran tidak tunak berubah tiba-tiba
Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara tiba-tiba.

8.2.2 Aliran Air Pada Saluran Tertutup

Ketentuan-ketentuan mengenai tahanan aliran bagi saluran tertutup yang penuh adalah tidak sama dengan yang berlaku pada saluran terbuka. Persamaan tahanan dapat diturunkan bagi setiap kasus dengan menyamakan gaya geser yang menahan di perbatasan dengan gaya penggerak yang bekerja pada arah normal terhadap saluran.

Aliran dalam saluran terbuka digerakkan oleh gaya penggerak yang dilakukan oleh jumlah berat aliran yang mengalir menuruni lereng. Dalam saluran tertutup gaya penggerak tersebut dilakukan oleh gradien tekanan. Pada saluran tertutup hanya terdapat satu jenis aliran yaitu aliran tunak (steady flow), contoh saluran tertutup adalah aliran dalam pipa.

Aliran air dalam pipa dapat merupakan aliran yang bertekanan, air penuh mengisi pipa, dapat pula aliran yang tidak bertekanan, air tidak mengisi penuh pipa. Seperti halnya gorong-gorong dapat direncanakan muka air memenuhi sisi atas saluran, merupakan saluran yang bertekanan tidak terdapat muka air bebas penuh terisi air. Tekanan air dalam pipa ditentukan oleh muka air di kedua ujung pipa. Dapat pula muka air tidak sampai sisi atas saluran yang merupakan saluran tidak bertekanan (Hasmar H, 2012).

Aliran dalam saluran tertutup tidak selalu bersifat aliran pipa. Apabila terdapat permukaan bebas, harus digolongkan sebagai aliran saluran terbuka. Sebagai contoh, saluran drainase air hujan yang merupakan saluran tertutup, biasanya dirancang untuk aliran saluran terbuka sebab aliran saluran drainase diperkirakan hampir setiap saat memiliki permukaan bebas.

Sifat - Sifat Aliran

1. Aliran Laminer

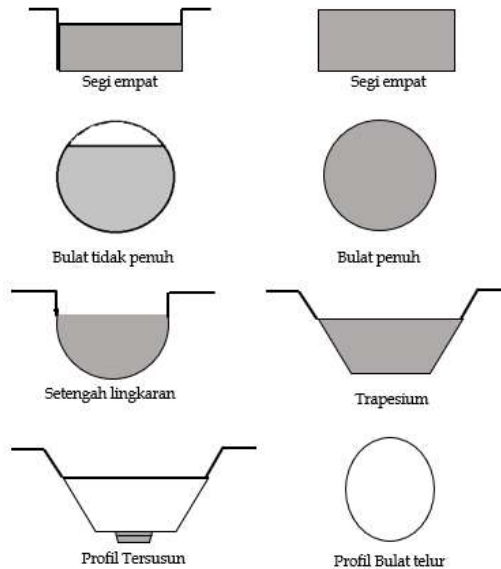
Gaya kekentalan (viscosity) relatif sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia, sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Butir-butir air bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus. Aliran ini ditandai dengan tidak terjadinya olakan pada muka air.

2. Aliran Turbulen

Gaya kekentalan (viscosity) relatif lemah dibandingkan dengan gaya inersia. Butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar dan tidak tetap. Aliran ini ditandai dengan terjadinya olakan pada muka air.

8.2.3 Bentuk-Bentuk Penampang Melintang

Ada beberapa macam bentuk penampang melintang saluran yang biasa digunakan dalam perencanaan saluran drainase. Macam-macam bentuk penampang saluran dapat dilihat pada Gambar 8.2.



Gambar 8.2: Macam - Macam Bentuk Penampang Saluran (S.N, 1997)

8.3 Rumus-Rumus Aliran Air

Luas Desain Saluran

Tinggi muka air pada satuan (H) dan lebar saluran (B), merupakan parameter untuk menentukan luas basah saluran (Fs). Luas basah/desain saluran (Fs) dianalisis berdasarkan debit hujan (Q) yang merupakan debit saluran dan kecepatan aliran air pada saluran (v) (Hasmar H, 2012).

$$Q = F_s \cdot v \quad 8.2)$$

$$F_s = Q/v \quad (8.3)$$

V = adalah kecepatan aliran air pada saluran drainase, yang didapatkan dari tabel atau dianalisis dengan formula Manning atau formula Chezy.

Kecepatan Aliran Air

Kecepatan aliran air pada saluran, ditentukan berdasarkan:

1. Tabel kemiringan saluran versus kecepatan aliran

Tabel 8.1: Kemiringan Saluran Versus Kecepatan Rata - Rata Aliran (Hasmar H, 2012)

Kemiringan Saluran I (%)	Kecepatan rata-rata v (m/det)
< 1	0,40
1 - < 2	0,60
2 - < 4	0,90
4 - < 6	1,20
6 - < 10	1,50
10 - < 15	2,40

2. Berdasarkan Formula Manning dan Chezy

Formula Manning:

$$v = \frac{1}{n} R S^{2/3} S^{1/2}. \quad (8.4)$$

Keterangan:

v = kecepatan aliran air di saluran (m/detik)

n = koefisien kekerasan dinding, tergantung jenis bahan saluran, untuk beton/plesteran 0,010.

R_s = radius hidrolik = F_s/P_s

S = kemiringan saluran

Formula Chezy:

$$v = C \sqrt{R_s \cdot S}. (11.5) \quad (8.4)$$

Koefisien Chezy:

$$C = (100\sqrt{Rs}) / (0,35 + \sqrt{Rs}) \quad (8.5)$$

$$v = \frac{100.Rs.I^{1/2}}{0,35 + Rs^{1/2}} \quad (8.6)$$

Keterangan:

v = kecepatan aliran (m/det)

Rs = radius hidrolik = Fs/Ps

S = kemiringan saluran drainase

Tabel 8.2: Kecepatan Aliran yang Diizinkan Pada Bahan Dinding dan Dasar Saluran (Hasmar H, 2012)

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Ijin (m/det)
Pasir Halus	0,45
Lempung Kepasiran	0,50
Lanau alluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung keras/kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Beton-beton bertulang	1,50

Tabel 8.3: Kemiringan Dinding Saluran Berdasarkan Bahan Saluran (Hasmar H, 2012)

Jenis Bahan	Kemiringan Dinding Saluran (%)
Tanah	0 – 5
Kerikil	5 – 7,5
Pasangan	7,5

8.4 Perancangan Sistem Drainase

8.4.1 Data Perancangan

Untuk memulai perencanaan sistem drainase, perlu dikumpulkan data penunjang dengan melakukan pengukuran/penyelidikan langsung di lapangan atau dari sumber yang dipercaya.

Jenis data dan sumbernya adalah sebagai berikut (SN, 2007):

1. Data Permasalahan

Apabila diinginkan suatu perencanaan drainase, harus diketahui pula alasannya. Pertimbangannya adalah laporan mengenai terjadinya permasalahan genangan atau banjir.

Data genangan yang perlu diketahui meliputi:

- a. Lokasi genangan
- b. Lama genangan
- c. Tinggi genangan
- d. Besarnya kerugian
- e. Kesehatan lingkungan pemukiman
- f. Banjir kiriman
- g. Peta situasi dan pengukuran jalur saluran
- h. Data hujan
- i. Data bahan bangunan lokal

2. Data Topografi

Data topografi untuk menentukan arah aliran dari air pada saluran. Jika area drainase agak landai maka perencanaan aliran air pada saluran dapat mengalir dari lokasi tinggi ke lokasi rendah dengan arah saluran tidak terlalu berbelok-belok, mendekati lurus.

3. Data Tata Guna Lahan

Data tata guna lahan ada kaitannya dengan besarnya aliran permukaan. Aliran permukaan ini menjadi besaran aliran drainase. Besarnya aliran permukaan tergantung dari banyaknya air hujan yang mengalir setelah dikurangi banyaknya air hujan yang meresap.

4. Jenis Tanah

Jenis tanah untuk menentukan kemampuan/daya lapisan tanah menyerap air. Pada drainase bawah muka tanah kecepatan resapan diperlukan untuk menganalisis kapasitas/debit aliran dan kapasitas/debit saluran.

5. Master Plan

Dalam perencanaan sistem drainase diperlukan suatu master plan untuk mengetahui sistem yang melayani kebutuhan kota akan saluran buangan. Master plan drainase haruslah mengacu pada master plan kota yang dapat diperoleh dari Pemerintah setempat.

6. Data Prasarana dan Utilitas

Prasarana dan utilitas yang sudah ada perlu diketahui seperti jalan raya, pipa air minum, pipa gas, kabel listrik, telepon dan lain sebagainya agar perencanaan drainase dapat menyesuaikan dan tidak menimbulkan masalah baru.

7. Biaya

Biaya produksi drainase harus ditinjau dari segi teknis, segi ekonomis, segi lingkungan dan segi sosial budaya.

8. Data kependudukan

Data kependudukan dimaksudkan untuk menganalisis jumlah air buangan, untuk pendimensian saluran. Dari dalam rumah air buangan dialirkan menuju saluran tersier di depan rumah.

9. Kelembagaan

Kelembagaan adalah instansi Pemerintah yang terkait dengan sistem drainase, khususnya pada saat pemeliharaan dan pengoperasian. Hasil perencanaan sistem drainase, apabila telah dilaksanakan diperlukan suatu organisasi yang menangani baik dalam mengelola, mengoperasikan dan memelihara.

10. Peraturan

Peraturan-peraturan yang diperlukan adalah semua peraturan yang berkaitan dengan drainase perkotaan, yang sudah ada di daerah tersebut, misalnya Perda tentang saluran drainase, sampah dan sebagainya.

11. Aspirasi Pemerintah dan Peran Serta Masyarakat

Dengan mengetahui aspirasi pemerintah daerah, antara lain berdiskusi dengan instansi terkait dan Pemda, perencanaan drainase akan lebih terarah dan mencapai sasaran.

12. Data Sosial ekonomi

Tujuan mengetahui kondisi sosial ekonomi masyarakat adalah untuk menghindari timbulnya masalah-masalah sosial apabila saluran drainase akan dibangun di kemudian hari.

8.4.2 Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan adalah suatu kriteria yang dipakai Perancang sebagai pedoman untuk merancang. Perancang diharapkan mampu menggunakan kriteria secara tepat dengan membandingkan kondisi sebenarnya dengan parameter yang tertulis dalam kriteria di bawah ini. Nilai-nilai yang digunakan dalam kriteria diambil dari hasil penelitian terdahulu yang kemudian dikelompokkan dalam parameter yang umum (SN, 2007).

Aspek Aliran / Teknis

1. Koefisien larian (run off)

Menghitung besarnya debit rancangan drainase perkotaan umumnya dilakukan dengan memakai metode rasional. Hal ini karena relatif luasan daerah aliran tidak terlalu luas, kehilangan air sedikit dan waktu konsentrasi relatif pendek. Apabila luas daerah lebih kecil dari 0,80 km², kapasitas pengaliran dihitung dengan metode Rasional, yaitu:

$$Q=f.C.I.A \quad (8.7)$$

Keterangan:

Q = kapasitas pengaliran (m³ / det)

F = faktor konversi sebesar 0,278

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan pada periode ulang tertentu (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km²)

Besarnya koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 11.4.

Tabel 8.4: Koefisien Pengaliran (C)

Type Daerah Aliran	Harga C
- Perumputan:	
1. Tanah pasir, datar 2%	0,05 – 0,10
2. Tanah pasir, rata-rata 2–7 %	0,10 – 0,15
3. Tanah pasir, curam 7%	0,15 – 0,20
4. Tanah gemuk, datar 2%	0,13 – 0,17
5. Tanah gemuk, rata-rata 2-7%	0,18 – 0,22
6. Tanah gemuk, curam 7%	0,25 – 0,35
- Busines:	
1. Daerah kota lama	0,75 – 0,95
2. Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
- Perumahan	
1. Daerah “single family“	0,30 – 0,50
2. “multi units“ terpisah-pisah“	0,40 – 0,60
3. “multi units“ tertutup	0,60 – 0,75
4. “suburan“	0,25 – 0,40
5. Daerah rumah-rumah apartemen	0,50 – 0,70
- Industri	
1. Daerah ringan	0,50 – 0,80
2. Daerah berat	0,60 – 0,90
- Pertamanan, kuburan	0,10 – 0,25
- Tempat bermain	0,20 – 0,35
- Halaman, kereta api	0,20 – 0,40
- Daerah yang tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
- Jalan	
1. Beraspal	0,70 – 0,95
2. Beton	0,80 – 0,95
3. Batu	0,70 – 0,85
- Untuk berjalan dan naik kuda	0,75 – 0,85
- atap	0,75 – 0,95

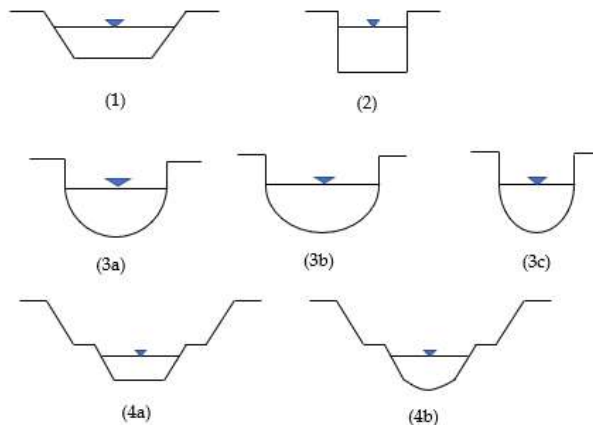
Bentuk – Bentuk Saluran

Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat memperoleh dimensi tampang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yang terlalu kecil, tingkat kerugian akan besar.

Bentuk saluran drainase terdiri dari:

1. Bentuk trapesium
2. Bentuk empat persegi panjang
3. Bentuk lingkaran, parabola dan bulat telur
4. Bentuk tersusun

Bentuk-bentuk saluran drainase dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8.3: Bentuk Saluran Drainase

Efektivitas penggunaan berbagai bentuk tampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sebagai berikut:

1. Bentuk Trapesium

Saluran drainase bentuk trapesium pada umumnya saluran dari tanah. Tapi dimungkinkan juga bentuk ini dari pasangan. Saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

2. Bentuk Empat Persegi Panjang

Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus dari pasangan ataupun beton.

3. Bentuk Lingkaran, Parabol dan Bulat Telur

Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangan dan pipa beton. Dengan bentuk dasar saluran yang bulat memudahkan pengangkutan bahan endapan/limbah.

4. Bentuk Tersusun

Saluran bentuk tersusun dapat berupa saluran dari tanah maupun dari pasangan. Tampang saluran yang bawah berfungsi mengalirkan air rumah tangga pada kondisi tidak ada hujan, apabila terjadi hujan maka kelebihan air dapat ditampung pada saluran bagian atas.

Perancangan Saluran

Untuk merencanakan dimensi penampang pada saluran drainase digunakan pendekatan rumus-rumus aliran seragam. Aliran seragam ini mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Dalamnya aliran, luas penampang lintang aliran, kecepatan aliran serta debit selalu tetap pada setiap penampang lintang.
2. Garis energi dan dasar saluran selalu sejajar

Bentuk penampang saluran drainase dapat merupakan saluran terbuka maupun saluran tertutup tergantung kondisi daerahnya. Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang menggunakan rumus Manning.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (8.8)$$

$$Q = A \cdot V \quad (8.9)$$

Keterangan:

V = kecepatan aliran (m/det)

N = angka kekasaran saluran

R = jari-jari hidrolis saluran (m)

S = kemiringan dasar saluran

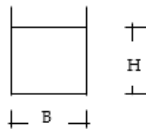
Q = dasar saluran (m³/det)

A = luas penampang basah saluran (m²)

Analisis Dimensi Saluran

Debit aliran saluran yang sama dengan debit akibat hujan, harus dialirkan pada saluran bentuk empat persegi panjang, bentuk segi tiga, bentuk trapesium dan bentuk setengah lingkaran untuk drainase muka tanah.

1. Tampang bentuk empat persegi panjang



- Debit aliran: $Q = 1.000 \text{ m}^3/\text{det}$
- Kemiringan saluran: $S = 1,50 \%$
- Dasar saluran (B) = $0,75$ tinggi saluran (H)
- Hitunglah dimensi tampang saluran bentuk empat persegi panjang tersebut.

Penyelesaian:

- Luas tampang saluran $F_s = B \cdot H = 0,75 H \cdot H = 0,75 H^2$
- Keliling basah $P_s = B + 2H = 0,75 H + 2H = 2,75 H$
- Radius Hidrotik $R_s = F_s/P_s = (0,75 H^2)/(2,75 H) = 0,273 H$
- Formula Manning =

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$V = \left(\frac{1}{0,010}\right)(0,273H)^{2/3}(0,015)^{1/2}$$

$$V = 5,156 H^{2/3}$$

Debit aliran $Q = 1,00 \text{ m}^3/\text{det}$

$$Q = F_s \cdot V$$

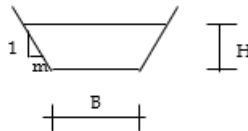
$$1 (\text{m}^3/\text{det}) = 0,75 H^2 \cdot 5,156 H^{2/3}$$

$$H^{8/3} = 0,2586$$

$$H = 0,60 \text{ meter}$$

$$B = 0,75 H = 0,75 \cdot 0,60 = 0,45 \text{ meter}$$

2. Saluran tampang trapesium



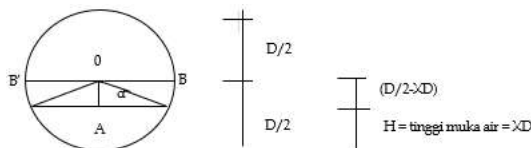
- Luas tampang saluran $F_s = (B + mH) H$
- Keliling basah saluran: P_s
- $P_s = B + 2H \sqrt{1 + m^2}$
- Radius hidrolik saluran: R_s
- $R_s = \frac{(B+mH)H}{B+2H\sqrt{1+m^2}}$
- Untuk $B = H$ dan $m = 1$
- Luas basah saluran F_s
- $F_s = (B + mH) B = (H + 1.H) = 2 H^2$
- Keliling basah saluran $P_s = B + 2H \sqrt{1 + m^2} = H + 2H \sqrt{1 + 1^2} = 3,82 H$
- Radius hidrolik saluran $R_s = F_s / P_s = 2H^2 / 3,82 H = 0,5224 H$

Selanjutnya kecepatan saluran dapat dihitung, berdasarkan tabel (i/v0 atau berdasarkan formula Manning atau Chezy. Berdasarkan debit aliran (Q) dan kecepatan saluran (v), dimensi saluran dapat ditentukan:

Debit aliran (Q) = Luas tampang saluran (F_s) x kecepatan aliran (v)

$Q = F_s \cdot v$ sehingga $F_s = Q / v$, sehingga dimensi saluran B dan H bisa didapatkan.

3. Saluran tampang setengah lingkaran



O = merupakan pusat lingkaran

OB = OB' jari-jari lingkaran

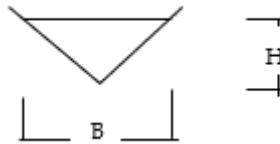
Sudut α adalah sudut AOB dan sudut AOB'

BB' adalah muka air pada saluran

Luas basah $F_s = (2 \alpha / 360) (1/4 \pi D^2) \frac{1}{2} AB \cdot OA$

Keliling basah/desain saluran $P_s = 2 \alpha / 360 \pi D$

4. Saluran tampang segi tiga



Pada analisis dimensi saluran bentuk segitiga umumnya dengan bentuk sama kaki. Sisi dinding miring dari saluran, merupakan hasil dari akar setengah lebar saluran kuadrat ditambah tinggi saluran kuadrat.

Untuk analisis dimensi, tentukan perbandingan antara tinggi dengan lebar saluran, misalnya $B = H$, $B = 0,75 H$ dan lain-lainnya.

Bab 9

Bangunan Pengontrolan Drainase Perkotaan

9.1 Pendahuluan

Kawasan perkotaan merupakan wilayah dengan tingkat permukiman relatif cukup tinggi bahkan setiap tahunnya mengalami peningkatan, sehingga area resapan air hujan dan area Ruang Terbuka Hijau (RTH) pun dimanfaatkan sebagai area permukiman, akibatnya muka genangan air hujan otomatis mengalami peningkatan. Dampaknya pada musim hujan genangan-genangan air di beberapa wilayah kota yang dapat menghambat aktivitas ekonomi maupun kegiatan lainnya masyarakat. Kejadian ini dalam setiap tahunnya mengalami peningkatan frekuensi, luas daerah yang terdampak genangan, kedalaman maupun durasi.

Permasalahan drainase perkotaan antara lain wilayah perkotaan mempunyai magnet yang cukup besar memicu terjadinya urbanisasi, perkotaan menjadi pusat peredaran ekonomi yang cukup tinggi, kurangnya kesadaran masyarakat penyimpanan sampah dan sanitasi lingkungan yang rendah, kebutuhan permukiman setiap tahunnya meningkat. Pertambahan penduduk tidak diimbangi dengan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan yang mengakibatkan pemanfaatan lahan menjadi tidak teratur apalagi master plan

Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) terabaikan. Pemanfaatan lahan suatu wilayah kota dengan tidak lagi memedulikan resapan-resapan air hujan, maka diindikasikan menciptakan akumulasi permasalahan banjir dan genangan di masa-masa akan datang yang lebih besar dan permasalahan kekurangan air tanah serta penurunan permukaan tanah akibat pemompaan yang berlebihan. Perencanaan dan pembangunan drainase perkotaan dilakukan secara parsial menyebabkan konektivitas saluran tersier, sekunder ke primer sering bermasalah sehingga terjadi genangan pada titik kumpul yang tidak jelas konektivitasnya.

Permasalahan lain adalah tingkat kesadaran, kepedulian masyarakat masih sangat rendah dan sensitif sosial semakin menurun dengan kepedulian kondisi lingkungan sekitar sangat rendah. Solusi permasalahan ini diperlukan sistem drainase dan bangunan pengontrolan drainase yang baik dengan acuan mutlak pengembangan dan pembangunan kota adalah RTRW sebagai pembangunan drainase secara terpadu dan terintegrasi.

Jepang sebagai salah negara maju yang terus berinovasi dengan teknologi di semua bidang termasuk drainase. Drainase menjadi perhatian pemerintah Jepang terutama pemerintah Tokyo karena letak geografis ibukota Jepang berada di cekungan Nakagawa membuatnya sering dilanda badai. Jepang mempunyai 15 sungai yang membelah kota Tokyo. Maka Kota Tokyo dapat dilanda banjir pada musim hujan akibat sungai-sungai meluap, sehinggaantisipasi sebelumnya dengan membangun saluran air terbesar dan terancang di dunia bernama G-Cans atau yang dikenal sebagai *Furukawa Underground Regulating Reservoir*. G-Cans ini merupakan sistem kanalisasi yang dibangun memanjang searah dengan aliran sungai pada kedalaman 50 meter di bawah tanah.

Wilayah negara Belanda terletak di bawah permukaan laut, sehingga dapat membuat negara Belanda tenggelam jika air laut naik. Untuk menghindari permasalahan ini, maka Pemerintah Belanda menerapkan sistem polder yang dimulai sejak abad ke-11.

Berdasarkan pada permen PU No. 12 Tahun 2014 (Menteri Pekerjaan Umum 2014) bawah perencanaan sistem drainase perkotaan meliputi: (a) penyusunan rencana induk; (b) studi kelayakan dan (c) perencanaan teknik terinci/detail desain. Perencanaan ini disusun untuk mendukung pengembangan sistem drainase perkotaan guna mendukung Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Konsep Ekodrainase di beberapa negara dunia seperti Negara Eropa Belanda dan Jepang sedang terjadi perubahan besar-besaran paradigma penanganan bencana alam. Pengalaman negara-negara maju membuktikan bahwa pendekatan rekayasa teknik murni di bagian hilir tidak mampu menyelesaikan permasalahan banjir dan genangan yang terjadi akibat permasalahan lokal, terus menerus terjadinya perubahan tata guna lahan dan berbagai aktivitas negatif manusia serta berbagai fenomena perubahan iklim.

Apabila paradigma lama penyelesaian banjir adalah “menjauhkan air dari manusia” dan “menjauhkan manusia dari air”, konsep baru drainase saat ini adalah “menyimpan air selama mungkin dan memanfaatkan air semaksimal mungkin”. Karena konsep yang lama ternyata menimbulkan banyak masalah dari kekeringan di daerah hulu pada musim kemarau hingga besarnya debit air yang harus dialirkan ke laut dalam waktu sesingkat mungkin agar tidak menimbulkan genangan sementara hujan adalah bagian dari siklus hidrologi yang tidak dapat diatur sesuai keinginan manusia. (Sarif Robo 2014) (Umemoto et al. 1982)

9.2 Pengertian Bangunan Drainase Perkotaan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No.12/PRT/M/2014, tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dijelaskan beberapa istilah dan pengertian dalam drainase perkotaan antara lain (Menteri Pekerjaan Umum 2014):



Gambar 9.1: Salah Satu Permasalahan Drainase Perkotaan

1. Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.
2. Penyelenggaraan sistem drainase perkotaan adalah upaya merencanakan, melaksanakan konstruksi, mengoperasikan, memelihara, memantau, dan mengevaluasi sistem fisik dan non fisik drainase perkotaan.
3. Sistem drainase perkotaan adalah satu kesatuan sistem teknis dan non teknis dari prasarana dan sarana drainase perkotaan
4. Prasarana drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang berbentuk secara alami maupun dibuat oleh manusia, yang berfungsi mengalirkan kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air penerima.
5. Sarana drainase adalah bangunan pelengkap yang merupakan bangunan yang ikut mengatur dan mengendalikan sistem aliran air hujan agar aman dan mudah melewati jalan, belokan daerah curam. Misalnya bangunan gorong-gorong, pertemuan saluran, bangunan terjun, jembatan, tali-tali air, pompa, pintu air.
6. Rencana induk sistem drainase perkotaan adalah perencanaan dasar drainase yang menyeluruh dan terarah pada suatu daerah perkotaan yang mencakup perencanaan jangka panjang, jangka menengah dan jangka pendek sesuai dengan Rencana Umum Tata Ruang Kota.
7. Studi Kelayakan Sistem Drainase Perkotaan adalah suatu studi untuk mengukur tingkat kelayakan usulan pembangunan prasarana dan sarana Sistem Drainase Perkotaan di suatu wilayah pelayanan ditinjau dari aspek teknis, ekonomi dan lingkungan.
8. Perencanaan Teknik Terinci Sistem Drainase Perkotaan adalah suatu perencanaan detail sarana prasarana Sistem Drainase Perkotaan sampai memenuhi syarat untuk dilaksanakan pembangunan sistem drainase perkotaan.
9. Pelaksanaan Konstruksi adalah tahapan pembangunan fisik sistem drainase perkotaan, dengan kegiatan mulai dari tahap persiapan konstruksi (pre-construction), pelaksanaan konstruksi (construction) dan uji coba sistem (test commissioning).

10. Sumur resapan adalah prasarana drainase yang berfungsi untuk meresapkan air hujan dari atap bangunan ke dalam tanah melalui lubang sumuran.
11. Kolam tandon adalah prasarana drainase yang berfungsi untuk menampung air hujan agar dapat digunakan sebagai sumber air baku.
12. Kolam retensi adalah prasarana drainase yang berfungsi untuk menampung dan meresapkan air hujan di suatu wilayah.
13. Sistem polder adalah suatu sistem yang secara hidrologi terpisah dari sekelilingnya baik secara alamiah maupun buatan yang dilengkapi dengan tanggul, sistem drainase internal, pompa dan/atau waduk, serta pintu air.
14. Bangunan pelengkap adalah bangunan air yang melengkapi sistem drainase berupa gorong-gorong, bangunan pertemuan, bangunan terjunan, sifon, talang, tali air (street inlet) pompa dan pintu air.
15. Operasi adalah kegiatan untuk menjalankan dan memfungsikan prasarana dan sarana Drainase perkotaan sesuai dengan maksud dan tujuannya.
16. Pemeliharaan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjamin fungsi prasarana dan sarana Drainase Perkotaan sesuai dengan rencana.
17. Rehabilitasi adalah kegiatan untuk memperbaiki saluran dan sarana Drainase lainnya termasuk bangunan pelengkap yang mengalami penurunan kondisi dan fungsi agar kinerja sesuai dengan perencanaan.
18. Pemantauan adalah kegiatan memantau kemajuan sebuah program/proyek/kegiatan agar tetap berjalan dalam prosedur yang telah ditetapkan.
19. Evaluasi adalah kegiatan untuk menilai, memperbaiki dan meningkatkan seberapa jauh sebuah proyek atau program kegiatan dapat berjalan secara efektif, efisien dan optimal seperti yang telah dirumuskan bersama.
20. Penyelenggara Sistem Drainase Perkotaan adalah pemerintah, badan usaha, dan/atau kelompok masyarakat yang melakukan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.

9.3 Bangunan Pengontrolan Drainase Perkotaan

Pembangunan sistem drainase perkotaan sangat penting diperhatikan fungsi drainase sebagai prasarana yang didasarkan pada konsep pembangunan drainase berwawasan lingkungan. Bangunan pengontrolan drainase perkotaan dibagi menjadi dua bagian yaitu bangunan pengontrol dengan drainase konvensional dan berwawasan lingkungan.

Konsep drainase konvensional adalah semua air hujan yang jatuh ke permukaan tanah suatu wilayah dengan cepat terbuang sampai outlet sekunder, primer sampai sungai atau ke laut. Konsep memunculkan berbagai persoalan baik dari hulu sampai hilir, misalnya cadangan air tanah semakin menurun menyebabkan kekeringan di musim kemarau akibat pasokan cadangan air tanah berkurang.

Konsep drainase konvensional menurut Agus Mulyono (2007) (Anon n.d.) adalah upaya menekankan membuat air kelebihan air hujan secepat-cepatnya ke sungai. Konsep ini metode ini menimbulkan dampak negatif yang sangat besar, misalnya kerusakan ekologi dan ekosistem kota karena kekurangan pasokan air tanah, terjadi genangan, dan banjir, dsb. Pemanfaatan drainase konvensional suatu wilayah diperlukan analisis yang tepat, apalagi kondisi pengembangan perkotaan semakin luas seiring dengan pertambahan penduduk akibat permintaan user yang meningkat. Oleh karenanya penataan drainase bangunan pengontrolan drainase sesuai dengan kondisi perkembangan zaman.

Konsep drainase berwawasan lingkungan (Eco Drainage) adalah salah satu upaya untuk menghambat air hujan untuk lebih cepat sampai ke saluran sekunder, primer maupun ke sungai dan laut untuk meningkatkan infiltrasi dengan mengurangi limpasan permukaan. Peningkatan infiltrasi menyebabkan persediaan pasokan air tanah suatu wilayah semakin besar.

Drainase berwawasan lingkungan juga didefinisikan sebagai upaya mengolah air berlebihan dengan cara besar-besaran dengan meresapkan ke dalam tanah secara alamiah ataupun mengalir ke sungai dengan tidak melampaui kapasitas sungai atau saluran. Konsep drainase ini menekankan pada upaya menghambat, konservasi dan pemanfaatan kelebihan air hujan untuk meningkatkan serta menstabilkan kondisi wilayah kota dengan penyediaan air

tanah yang cukup, mengurangi genangan, tidak terjadi penurunan muka tanah dan lebih penting adalah menjaga ekosistem dan ekologi suatu wilayah kota.

Pembangunan drainase pada kondisi sekarang dan akan datang, seharusnya konsep drainase berwawasan lingkungan yang berkelanjutan menjadi objek pilihan utama dengan dilengkapi bangunan pengontrolan drainase baik dapat mereduksi buangan kelebihan air hujan untuk dimanfaatkan sebagai upaya menstabilisasi kondisi wilayah dari segi ekosistem dan ekologi.



Gambar 9.2: Ilustrasi Drainase Yang Tidak Berfungsi Dengan Baik

Mengingat pemanfaatan ruang kota cenderung tidak terkendali yang memicu terciptanya persoalan yang kompleks dengan kondisi sekarang saja sudah sering banjir dan genangan pada setiap titik kumpul dengan drainase yang kurang baik akibat tersumbat saluran dari sedimentasi, penutupan saluran oleh pengembang dan masyarakat serta konektivitas saluran tidak lancar.

9.3.1 Bangunan Pengontrol Drainase Dengan Konvensional

Drainase dengan konvensional memerlukan beberapa bangunan pengontrolan seperti bangunan gorong-gorong, box culver, pintu air, pompa air

Bangunan gorong-gorong

Gorong-gorong adalah bangunan yang digunakan sebagai penghantar aliran pada suatu kondisi saluran tidak dimungkinkan terjadi pengaliran secara langsung. Misalnya pada persimpangan jalan ataupun saluran.



Gambar 9.3: Bangunan Pengontrolan Gorong-Gorong

Gorong - gorong mempunyai potongan melintang yang lebih kecil daripada luas basah saluran hulu maupun hilir. Sebagian dari potongan melintang mungkin berada diatas muka air. Dalam hal ini gorong-gorong berfungsi sebagai saluran terbuka dengan aliran bebas.

Bangun Box Culver

Box Culvert adalah salah satu jenis beton precast yang sering digunakan pada konstruksi saluran air, sehingga kerap disebut juga dengan gorong-gorong. Box culvert adalah beton precast yang berbentuk persegi atau kotak dengan ukuran yang sudah ditentukan. Pada sisi box culvert terdapat semacam penghubung untuk disambungkan dengan box culvert lainnya. Sambungan ini dikenal dengan socket dan spigot berbentuk seperti piupa dan bersifat kedap air. Dengan adanya soket dan spigot, antar box culvert akan tetap menyatu walaupun terjadi pergeseran tanah.

Box culvert adalah salah satu jenis beton pracetak yang umumnya ber dimensi seperti kubus dengan ukuran relatif besar. Fungsi utama box culvert yaitu sebagai bahan konstruksi utama membuat saluran air. Aplikasi culvert biasanya digunakan sebagai drainase berukuran relatif besar dan biasa juga digunakan difungsikan sebagai jembatan. Box culvert ini biasanya di bawah permukaan jalan, sehingga memudahkan dalam pekerjaan konstruksi jalan.

Box culvert juga dapat digunakan pada drainase, biasa digunakan pada bahan material terowongan dan gorong-gorong kereta api. Box culvert sering juga digunakan pada sungai untuk memenuhi kebutuhan saluran air. Karena box culvert dapat menampung volume debit air yang cukup besar.



Gambar 9.4: Box Culvert Dengan Konstruksi Jalan di Atasnya

Pintu Air



Gambar 9.5: Pintu Air Sebagai Pengontrol Air Pasang (ROB) Masuk Melewati Kanal Pabaeng-Baeng Makassar

Pintu air di samping berfungsi sebagai pengaturan debit dan kebutuhan air pada saluran irigasi, akan tetapi dapat digunakan pada bangunan drainase sebagai bangunan pengontrol pasang surutnya air laut, di mana dibuat atau dibangun pada bagian muara atau hilir drainase.

Pompa Air

Penggunaan pompa air menjadi hal utama khususnya wilayah dengan kondisi permukaan air laut di atas daripada muka tanah wilayah tersebut, seperti kota Jakarta dan Negara Belanda, dll. Pompa ini digunakan sebagai alat pengotoran aliran drainase ke sungai ataupun ke laut. Penggunaan pompa sering menjadi bagian yang terpisahkan sistem polder di mana pada saluran induk pada daerah muara dilengkapi dengan polder, yaitu suatu lahan yang dikelilingi oleh tanggul yang disediakan untuk menampung air yang akan dibuang ke muara atau laut sehubungan dengan adanya pasang surut air laut.

Polder umumnya dilengkapi dengan pintu dan pompa. Air yang ada dibuang melalui bukaan pintu dikala pasang rendah dan di pompa keluar apabila terjadi pasang naik. (Keifer and Effenberger 1967) (Evy Harmani dan M. Soemantoro,) Penggunaan alat ini untuk mencegah dan mengendalikan terjadinya luapan akibat air pasang/ROB.

Klasifikasi pompa tergantung dari konstruksi, kapasitas dan spesifikasinya. Berdasarkan Suripin (2004) membagi dua kelompok klasifikasi pompa yaitu:

1. Pompa turbo,

Berdasarkan arah aliran fluida dalam melewati roda putar atau sudu-sudu, pompa turbo dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu pompa sentrifugal, pompa aliran campuran (mixed flow pumps) atau pompa ulir (screw pumps) dan pompa aksial (axial pumps) atau pompa popular (propeller pumps).

2. Pompa non turbo

Pompa non turbo terdiri dari pompa regenerative, pompa torak (reciprocating pumps), pompa vacuum, pompa jet, dan air lift.

9.3.2 Pengontrol Drainase Berwawasan Lingkungan

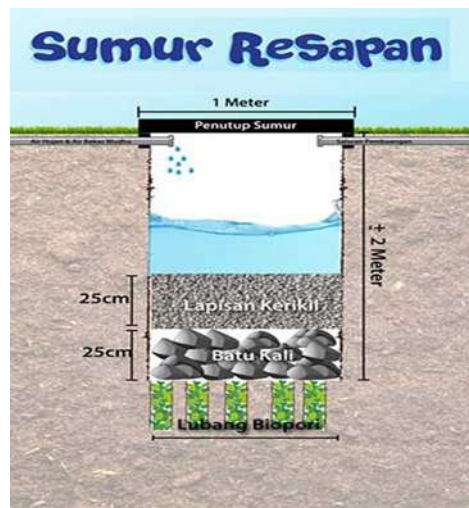
Pengontrolan drainase dengan bangunan berwawasan lingkungan harusnya menjadi pilihan utama mengingat perubahan pemanfaatan lahan di kota-kota besar semakin tinggi memicu penanganan dan pencegahan buangan air hujan tidak membuat permasalahan seperti banjir dan genangan.

Fenomena banjir dan kekeringan yang terjadi dalam setiap periode hujan dan musim kemarau dapat diminimalkan dengan berbagai metode pengontrolan bangunan berwawasan lingkungan dengan baik, seperti; metode sumur resapan, sumur resapan Biopori, sistem polder, kolam retensi (kolam konservasi), parit infiltrasi, rorak, Penampung Air Hujan (PAH).(Jatisari et al. 2011) (Nisau Kamila, dkk, 2017).

Metode Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan salah satu metode untuk mengurangi buangan air hujan lebih cepat sampai ke sungai dan laut untuk meningkatkan infiltrasi. Sistem ini mempunyai kapasitas tampungan yang cukup besar sebelum air meresap ke dalam tanah.

Tampungan cukup besar, maka air hujan mempunyai ruang banyak untuk meresapkan ke dalam tanah menjadi infiltrasi, sehingga pengisian tanah menjadi optimal. Bentuk yang digunakan dapat ber dinding kedap, porous berisi material serta ada pula yang kosong dengan syarat teknis yang harus dipenuhi adalah kedalaman air tanah minimum 1.5 m. struktur tanah yang digunakan harus mempunyai nilai permeabilitas $> 5.5 \times 10^{-4}$ cm/dt dan jarak penempatan sumur resapan air terhadap bangunan 3 meter dari sumur air bersih, 5 meter dari tangki septik serta 1 meter dari fondasi bangunan. (Azis, Yusuf, and Faisal 2016) (Ahmad Azis, dkk. 2016).



Gambar 9.6: Ilustrasi Sumur Resapan

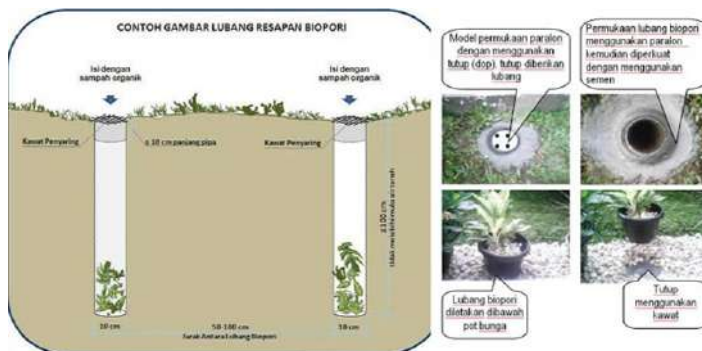
Sumur Resapan Biopori

Metode resapan biopori pertama kali dicetuskan oleh Dr. Kamir R. Brata, IPB. Lubang biopori metode alternatif untuk meningkatkan daya resap air hujan ke dalam tanah. Lubang resapan Biopori berupa sebuah lubang silindris yang dibuat secara vertikal ke dalam tanah. Lubang ini akan memicu munculnya biopori secara alami di dalam tanah. Prinsip kerja lubang peresapan biopori sangat sederhana. Lubang yang ini dibuat kemudian diberi sampah organik yang akan memicu biota tanah seperti cacing, semut, rayap, perakaran tanaman untuk membuat rongga-rongga (lubang) di dalam tanah disebut Biopori. Rongga-rongga (biopori) ini menjadi saluran bagi air untuk meresap ke dalam tanah.

Manfaat lubang biopori merupakan teknologi sederhana yang tepat guna dan ramah lingkungan. Lubang biopori ini mampu meningkatkan daya resap air hujan ke dalam tanah sehingga mampu mengurangi risiko banjir akibat meluapnya air hujan. Teknologi ini dapat meningkatkan jumlah cadangan air bersih di dalam tanah.

Cara pembuatan lubang Biopori:

1. Buat lubang silinder secara vertikal ke dalam tanah dengan diameter 10 meter. Kedalaman sekitar 100 cm atau sampai melampaui muka air tanah, jika dibuat tanah yang mempunyai permukaan air dangkal. Jarak antara lubang antara 50-100 cm.
2. Mulut lubang dapat diperkuat dengan semen selebar 2-3 cm dan setebal 2 cm.
3. Isi lubang dengan sampah organik yang berasal dari sampah dapur, sisa tanaman, atau dedaunan.
4. Sampah organik perlu ditambahkan jika isi lubang sudah berkurang atau menyusul akibat proses pelapukan.
5. Kompos yang terbentuk dalam lubang diambil pada setiap akhir musim kemarau bersamaan dengan pemeliharaan lubang.



Gambar 9.7: Ilustrasi Lubar Resapan Biopori

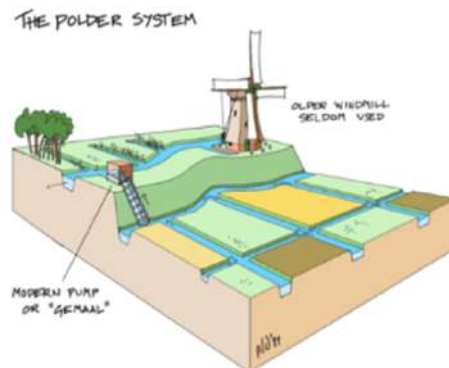
Sistem polder

Polder adalah dataran rendah yang membentuk kesatuan hidrologi artifisial yang dikelilingi oleh tanggul (dike). Polder ini, air buangan (air kotor dan air hujan) dikumpulkan di suatu badan air (sungai, situ) lalu dipompakan ke badan

air lain pada folder yang lebih tinggi posisinya, hingga pada akhirnya air dipompakan ke sungai atau kanal yang langsung bermuara ke laut. Tanggul yang mengelilingi polder bisa berupa pemadatan tanah dengan lapisan kedap air, dinding batu, dan bisa juga berupa konstruksi beton dan per kerasan yang canggih.

Polder juga bisa diartikan sebagai tanah yang direklamasi. Sistem polder banyak diterapkan pada reklamasi laut atau muara sungai, dan juga pada manajemen air buangan (air kotor dan drainase hujan) di daerah yang lebih rendah dari muka air laut dan sungai.(Umemoto et al. 1982) (Sarif Robo 2014). Polder adalah cara penanganan banjir/rob dengan kelengkapan sarana fisik pengelolaan tata air terdiri dari sistem drainase kawasan, tanggul keliling kawasan, kolam retensi, pompa dan pintu air.

Penggunaan metode difungsikan sebagai pengendalian volume, debit, muka air dan tata guna lahan. Sedangkan sistem polder berbentuk dataran rendah yang dikelilingi tanggul yang berfungsi sebagai tempat pengumpulan air buangan hujan dan kotoran. Pemanfaatan pompa ke badan air yang posisinya lebih tinggi dan selanjutnya dilakukan pemompaan ke sungai ataupun ke kanal yang bermuara ke laut.



Gambar 9.8: Ilustrasi Sistem Polder di Belanda

Menurut Budiarmo, (2008), bahwa untuk menerapkan sistem polder di Indonesia, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan (Umemoto et al. 1982) (Sarif Robo 2014):

1. Pemanfaatan lahan di sekitar tanggul harus dikontrol seketat mungkin, paling tidak sepanjang bantaran sungai dan tanggul kanal

harus bebas dari bangunan dan permukiman liar. Daerah ini memiliki risiko tertinggi bila terjadi banjir. Alternatif pemanfaatannya bisa berupa taman ataupun jalan.

Berkait dengan tata ruang secara umum, penegakan ketentuan tata ruang seperti guna lahan (land use) dan koefisien dasar bangunan (KDB) juga harus benar-benar dilaksanakan, tidak sekadar menjadi proyek untuk menghabiskan anggaran pemerintah.

2. Ketika semua air buangan dialirkan ke laut, ancaman banjir dari laut juga perlu diperhatikan. Bukan tidak mungkin gelombang pasang akan membanjiri kota melalui kanal banjir yang ada. Mungkin saja diperlukan pintu atau gerbang kanal yang bisa dibuka-tutup sewaktu-waktu.
3. Sistem polder amatlah bergantung pada lancarnya saluran air, kanal, sungai, serta kinerja mesin-mesin yang memompa air keluar dari daerah polder. Aspek perawatan (sumber daya manusia dan peralatan) perlu mendapat perhatian dalam bentuk program kerja dan anggaran. Yang terjadi selama ini kita lebih pandai mengadakan sarana dan prasarana publik ketimbang merawatnya.
4. Resapan air hujan perlu lebih dimaksimalkan melalui daerah resapan mikro seperti taman, kolam, perkerasan yang permeabel, dan sumur resapan. Prinsipnya adalah mengurangi buangan air hujan ke sungai dan memperbanyak resapannya ke dalam tanah.

Disini, peran arsitek, kontraktor, dan pemilik properti amatlah penting untuk mengalokasikan sebagian lahannya untuk fungsi resapan seperti taman rumput (bertanah) dan sumur resapan. Daerah resapan yang tidak terlalu luas namun jika banyak jumlahnya dan tersebar di seluruh penjuru kota tentu akan memberikan kontribusi yang signifikan untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah.

Sistem polder merupakan upaya struktural penanggulangan banjir yang konsekuensinya dengan biaya yang amatlah relatif besar dan waktu yang lama, baik untuk pembebasan tanah, pembangunan fisik, maupun untuk pengadaan dan perawatan mesin-mesin dan peralatan. Selain itu, yang tak kalah pentingnya adalah upaya non-struktural yang berkaitan dengan pendidikan publik.

Upaya membangun kesadaran seperti tidak membuang sampah di saluran air, memperbanyak penanaman pohon, menggunakan per kerasan grass-block dan paving-block yang permeabel, atau bahkan bagaimana bersikap ketika banjir datang akan jauh lebih berguna untuk mencegah banjir dan meminimalisir kerugian akibat banjir yang bisa datang setiap tahun (Umemoto et al. 1982) (Sarif Robo 2014).

Sejalan dengan berkembangnya pola pikir komprehensif dalam bidang drainase tersebut, di mana air tidak hanya sebagai buangan melainkan sebagai aset lingkungan yang cukup potensial harus selalu dipelihara kuantitas, kualitas yang lebih penting lagi adalah keberlanjutannya di beberapa negara maju kemudian negara berkembang aplikasi baru drainase dalam berbagai konsep (Umemoto et al. 1982) (Sarif Robo 2014).

Beberapa di antaranya adalah Low Impact Development (LID) di Amerika Serikat dan Kanada, Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) di Inggris Raya, Water Sensitive Urban Design (WSUD) di Australia, dan Low Impact Urban Design and Development (LIUDD) di New Zealand dan Ecodrain di Indonesia. Hasil dari pelaksanaan konsep baru ini cukup menggembirakan (Umemoto et al. 1982) (Sarif Robo 2014).

Kolam retensi (kolam konservasi)

Kolam retensi adalah kolam yang berfungsi untuk menampung air hujan sementara waktu dengan memberikan kesempatan untuk dapat meresap ke dalam tanah dengan operasionalnya dapat dikombinasikan dengan pompa atau pintu air. Konsep dasar dari kolam retensi adalah menampung volume air ketika debit maksimum di sungai datang, kemudian secara perlahan lahan mengalirkannya ketika debit di sungai sudah kembali normal.

Secara spesifik kolam retensi akan memangkas besarnya puncak banjir yang ada di sungai, sehingga potensi overtopping yang mengakibatkan kegagalan tanggul dan luapan sungai tereduksi. Selain fungsi utamanya sebagai pengendali banjir, manfaat lain yang bisa diperoleh dari Kolam Retensi yaitu sebagai sarana pariwisata air; Sebagai konservasi air, karena mampu meningkatkan cadangan air tanah setempat.

Pemanfaatan kolam resapan sangat baik digunakan pada daerah yang memiliki permeabilitas tinggi dan secara teknik pengisian air tanah tidak mengganggu stabilitas geologi. Kolam resapan difungsikan untuk mengurangi air permukaan (run off) dan memperlambat waktu tinggal air di dalam tanah,

sehingga jumlah air yang melimpah dan risiko banjir berkurang serta meningkatkan ketersediaan air tanah.

Beberapa faktor yang memengaruhi ukuran atau dimensi sumur yang diperlukan untuk suatu lahan sumur resapan (Suripin 2004):

1. Luas permukaan penutupan, yaitu lahan yang airnya akan ditampung dalam sumur resapan.
2. Karakteristik hujan, meliputi intensitas hujan, lama hujan, waktu hujan. Tinggi hujan, makin lama berlangsung hujan memerlukan volume sumur resapan yang semakin besar. Waktu hujan yang besar dapat mengurangi volume sumur yang diperlukan.
3. Koefisien permeabilitas tanah, yaitu kemampuan tanah melewatkan air per satuan waktu. Tanah berpasir mempunyai permeabilitas lebih tinggi dibanding dengan tanah lempung.
4. Tinggi muka air tanah. Pada kondisi muka air tanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat secara besar-besaran karena tanah benar-benar memerlukan pengisian air melalui sumur-sumur resapan. Sebaliknya pada kondisi lahan muka air tanah dangkal, pembuatan sumur resapan kurang efektif, terutama pada daerah pasang surut atau daerah rawa di mana air tanahnya sangat dangkal.

Pemanfaatan sumur resapan mendapatkan banyak manfaat, namun pembuatan harus memperhatikan syarat-syarat yang diperlukan untuk mendapatkan hasil optimal dengan sebagai berikut, (Suripin 2004):

1. Sumur resapan air hujan dibuat pada lahan yang lolos air dan tanah longsor
2. Sumur resapan air hujan harus bebas kontaminasi/pencemaran limbah.
3. Air yang masuk sumur resapan adalah air hujan.
4. Daerah sanitasi lingkungan buruk, sumur resapan air hujan hanya menampung dari atap dan disalurkan melalui lubang.
5. Mempertimbangkan aspek hidrogeologi, geologi dan hidrologi.

Tabel 9.1: Jarak Minimum Sumur Resapan Terhadap Bangunan Lainnya
(Suripin 2004)

No	Bangunan /Obyek lainnya	Jarak Minimal Dengan Sumur Resapan (M)
1	Bangunan/rumah	3.0
2	Batas pemilikan lahan/kapling	1.5
3	Sumur untuk air minum	10.0
4	Septik tank	10.0
5	Aliran air (sungai)	30.0
6	Pipa air minum	3.0
7	Jalan umum	1.5
8	Pohon besar	3.0



Gambar 9.9: Ilustrasi Kolam retensi untuk Drainase

Penampung Air Hujan (PAH)

Penampung Air hujan (PAH) adalah sebagai wadah untuk menampung air hujan sebagai air baku yang dapat digunakan dalam skala komunal, individual dan dilengkapi dengan saringan. Bahkan dalam peringatan hari Air Sedunia tahun 2018 Menteri pekerjaan Umum dan Perumahan (PUPR) Basuki Hadimuljono mengampanyakan penggunaan Penampung Air Hujan (PAH) dalam memproteksi kekeringan dan krisis air yang terjadi setiap tahun pada musim kering.

Upaya ini dilakukan sebagai salah metode untuk meningkat tampungan air tanah dan menjaga stabilitas tanah suatu wilayah. Pemanfaatan Penampung air Hujan (PAH) mempunyai banyak manfaat antara lain.

1. Menghemat penggunaan air tanah
2. Menampung 10 m³ air pada saat hujan,
3. Mengurangi *run off* dan beban sungai saat hujan lebat

4. Menambah jumlah air yang masuk ke dalam tanah,
5. Mempertahankan tinggi muka air tanah,
6. Menurunkan konsentrasi pencemaran air tanah,
7. Memperbaiki kualitas air tanah dangkal,
8. Mengurangi laju erosi dan sedimentasi
9. Mereduksi dimensi saluran drainase
10. Menjaga kesetimbangan hidrologi air tanah sehingga dapat mencegah intrusi air laut,
11. Mencegah terjadinya penurunan tanah,
12. Stok air pada musim kemarau (plus rain harvesting)

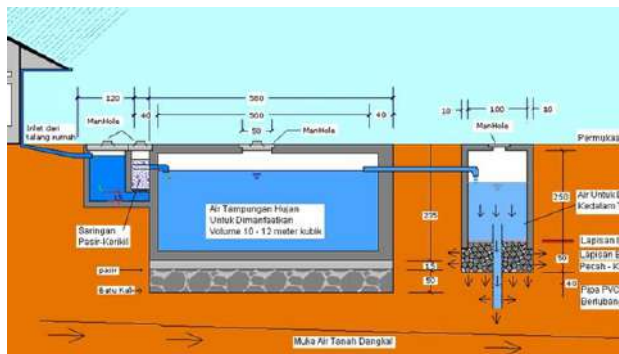
Air hujan merupakan sumber daya air yang paling utama dalam kehidupan makhluk di dunia ini. Oleh karenanya pemanfaatan untuk dikonversi untuk berbagai kebutuhan menjadi sesuatu hal yang harus dilakukan dalam rangka memenuhi kebutuhan kehidupan manusia dalam sehari-hari maupun makhluk lainnya. Sistem penampungan air hujan (PAH) ini dilengkapi dengan talang air, saringan pasir, bak penampungan dan sumur resapan (Sures). Sumur resapan digunakan sebagai upaya pelestarian air tanah dan mengurangi risiko genangan air hujan atau banjir yang dilakukan dengan membuat sumur yang menampung dan meresapkan air hujan.

Desain bak tampungan air hujan dengan volume 10 ~ 12 m³. Air hujan yang jatuh di atap rumah kemudian dengan menggunakan saluran pipa dari atap dialirkan ke dalam bak penampung awal yang berisi saringan pasir-kerikil. Dari bak penampung ini, air dialirkan ke bak tampungan, dan kelebihanannya akan diresapkan ke dalam tanah.

Cara kerja sistem pemanfaatan air hujan adalah sebagai berikut:

1. Air hujan jatuh di atap bangunan dan mengalir melalui atap rumah kemudian terkumpul di talang air yang dialirkan dengan pipa menuju bak penampungan air hujan.
2. Sampah dedaunan yang terbawah akan disaring di bagian depan bak penampung, dengan media pasir dan kerikil, sampah akan tertahan dan air hujan yang bersih akan masuk ke dalam bak penampungan
3. Jika hujan terus menerus, dan bak penampung penuh maka air akan melimpah melalui pipa outlet masuk ke dalam sumur resapan dengan kedalaman luban sumur resapan sekitar 3 meter, konstruksi terbuat

4. Air dari bak penampungan air hujan dipompa ke unit kerja sistem pengolahan air siap minum (ASRSINUM) yang terdiri dari pompa air baku, static mixer, filter multi media, filter penukar ion, cartridge filter, ultrafiltrasi, sterilisator ultra violet dan post cartridge filter untuk diolah menjadi air minum.



Gambar 9.10: Ilustrasi Penampungan Air Hujan

Bab 10

Alternatif Drainase Berwawasan Lingkungan

10.1 Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi di negara kita seiring dengan adanya perkembangan kota. Hal ini merupakan dampak dari pertumbuhan jumlah penduduk yang mengakibatkan penambahan jumlah pembangunan dan peningkatan infrastruktur kota yang amat pesat terkadang melampaui kemampuan prasarana dan sarana perkotaan yang telah ada. Salah satu permasalahan yang dialami adalah permasalahan drainase perkotaan. Penanganan drainase di beberapa kota masih bersifat spasial sehingga tidak menyelesaikan genangan dan banjir secara tuntas. Hal ini diakibatkan alih fungsi lahan berupa padatnya permukiman, drainase yang memburuk, dan air limpasan dari wilayah dataran tinggi.

Hampir setiap musim hujan terjadi banjir di beberapa daerah perkotaan. Sebagai ilustrasi berdasarkan data yang dihimpun Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Makassar, tercatat tujuh puluh lima kawasan permukiman penduduk yang menjadi langganan banjir saat musim hujan datang. Di tujuh puluh lima kawasan tersebut, terdapat 16.324 jiwa dari 4.866 Kepala Keluarga (KK) yang bermukim di kawasan tersebut.

Data mengenai banjir antara lain banjir yang terjadi di tahun 2013, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) di kota ini sudah mengevakuasi sedikitnya 1.500 warga yang berdomisili di Kecamatan Manggala terutama di Perumnas Antang (Tempo, 2013).



Gambar 10.1: Kondisi Banjir di Makassar 2013

Akibat banjir tersebut, beberapa jalan utama di Makassar digenangi air hingga beberapa hari. Jalan utama yang menjadi langganan banjir adalah: Sungai Saddang Baru, Pelita Raya, Urip Sumoharjo, AP Pettarani, Boulevard, Abd Daeng Sirua, Toddopuli, Tidung, Tamalate, Rappocini, Jalan Landak Baru, dan kawasan lainnya.

Menurut Kimpraswil, (2006), bahwa beberapa faktor penyebab banjir antara lain:

1. Faktor hujan
2. Faktor rusaknya retensi daerah aliran sungai (DAS)
3. Faktor kesalahan perencanaan pembangunan sungai
4. Faktor kedangkalan sungai
5. Faktor kesalahan tata wilayah dan pembangunan sarana prasarana
6. Faktor perilaku masyarakat.

Banjir dapat terjadi sebagai akibat drainase yang tidak memadai sehingga kurang mampu menampung debit air. Di samping itu, minimnya ruang terbuka hijau sebagai areal resapan air, sebagaimana Lapangan Karebosi, yang awalnya diperuntukkan sebagai kawasan resapan air, kini menjadi mal di bawah tanah. Penyebab lainnya adalah drainase dialih fungsikan warga sebagai tempat pembuangan sampah, sehingga saluran tersumbat.

Hal ini sejalan dengan pernyataan Busro (1990) bahwa dari aspek fisik beberapa faktor penyebab banjir antara lain:

1. Berkurangnya kawasan hutan lindung sebagai lahan konservasi sebagai akibat dikonversi menjadi kawasan pengembangan permukiman kota.
2. Berkurangnya luasan tangkapan air atau catchment area.
3. Berkurangnya daya serap air pada sebagian permukaan tanah akibat dipadatkan atau ditutup aspal dan bahan per kerasan jalan lainnya.
4. Kondisi jaringan drainase yang kurang lancar akibat pendangkalan sehingga tidak berfungsi secara optimal.
5. Terjadinya sedimentasi dan pendangkalan pantai maupun muara sungai.

Hal lain yang menyebabkan terjadinya banjir adalah pesatnya pertumbuhan properti perumahan di kantong-kantong air yang mengabaikan saluran pembuangan. Tidak sedikit volume air yang hilang akibat pembangunan kawasan perumahan dan sarana publik lainnya seperti jalan raya. Prinsip-prinsip dalam dunia konstruksi sering kali kontradiktif dengan kaidah konservasi air, misalnya, pada pembangunan jalan raya, lapisan permukaannya dibuat agar air dari permukaan langsung dialirkan ke saluran drainase di sisi kiri dan kanan jalan sehingga tidak masuk ke dalam struktur per kerasan jalan di bawah pavement.

Akibatnya pada musim hujan, air dalam volume yang besar tidak diresapkan ke dalam tanah, tetapi langsung dibuang ke daerah limpasan, yang berakibat terjadinya banjir. Sementara itu, pada musim kemarau, daerah tadahan menjadi kekurangan air karena air yang seharusnya disimpan sebagai cadangan pada musim hujan langsung dilimpahkan begitu saja.

Upaya penanganan banjir di daerah perkotaan tidak akan dapat menuntaskan persoalan jika hanya berputar pada upaya periferan pembersihan dan penggalan sedimen di saluran dan kanal. Hal ini dikarenakan jaringan dan dimensi saluran drainase pada daerah perkotaan sudah tidak memadai untuk melayani perkembangan kota yang semakin pesat. Sebagai contoh sistem drainase pada Kota Makassar yang dibuat tahun 1985 ini selama hampir 30 tahun tidak diperbaharui, meskipun pada tahun 2004 sempat dibuat master plannya.

Sistem drainase di Makassar sudah perlu dibenahi secara total karena selama ini kita menggunakan sistem drainase lama yang sudah tidak sesuai dengan perkembangan pembangunan. Konsep drainase konvensional yang mengalirkan air buangan secepatnya ke hilir perlu direvisi dengan mengalirkan secara alamiah (lambat), sehingga tidak menimbulkan banjir di hilir (Kimpraswil, 2006).

Beberapa usaha mengatasi masalah banjir secara menyeluruh:

1. Upaya Struktur, mencegah meluapnya banjir sampai ketinggian tertentu dengan tanggul.
2. Merendahkan elevasi muka air banjir dengan: normalisasi, sodetan, banjir kanal, interkoneksi.
3. Memperkecil debit banjir dengan; waduk, waduk retensi banjir, banjir kanal interkoneksi.
4. Mengurangi genangan dengan; polder, pompa, dan sistem drainase. (Kimpraswil, 2006).

Lubang resapan biopori adalah metode resapan air dengan cara meningkatkan daya resap air pada tanah. Biopori adalah pori-pori berbentuk lubang (terowongan kecil) yang dibuat oleh aktivitas fauna tanah atau akar tanaman. Lubang resapan biopori merupakan lubang silindris yang dibuat secara vertikal ke dalam tanah dengan diameter 10-30 cm dan kedalaman sekitar 100 cm, atau dalam kasus tanah dengan permukaan air tanah dangkal, tidak sampai melebihi kedalaman muka air tanah (Dinolefty, 2010).

Perlu adanya desain saluran drainase efektif, berwawasan lingkungan, yang bukan hanya berfungsi menampung dan mengalirkan air dari badan jalan tetapi sekaligus berfungsi sebagai media penyerapan air ke lapisan tanah yang ada di bawahnya. Hal ini diperlukan sebagai salah satu langkah preventif untuk mencegah debit air yang mengalir ke dalam bangunan saluran drainase melebihi kapasitas maksimum yang telah direncanakan.

10.2 Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan

Hingga saat ini perancangan drainase didasarkan pada filosofi bahwa air secepatnya mengalir dan seminimal mungkin menggenangi daerah layanan. Tapi dengan semakin timpangnya perimbangan air (pemakaian dan ketersediaan) maka diperlukan perancangan drainase yang berfilosofi bukan saja aman terhadap genangan tapi juga sekaligus berasas pada konservasi air (Sunjoto, 1987 dalam Muttaqin 2007).

Menurut Sucipto dan Agung Sutarto (2007), bahwa dalam perencanaan sistem drainase berkelanjutan, setidaknya dibutuhkan data yang meliputi:

1. Keadaan Topografi

Topografi adalah uraian ataupun keterangan terperinci (dengan peta) tentang daerah atau tempat, mengenai gunung-gunung, lembah-lembah, jalan-jalan dataran tinggi, dataran rendah dan sebagainya. Kondisi elevasi dan gradien dari daerah pengaliran mempunyai pengaruh terhadap sungai dan hidrologi daerah tersebut.

2. Data Debit Aliran Sungai

Debit sungai yang didapat dari pengamatan digambarkan sebagai ordinat pada suatu grafik dan waktu pengamatan sebagai absis, sehingga diperoleh suatu hidrograf aliran atau hidrograf muka air. Bentuk dari lengkung hidrografnya tergantung pada karakteristik hujan yang mengakibatkan aliran.

3. Analisa Data Hidrologi

Faktor hidrologi yang sangat berpengaruh dalam pengendalian banjir adalah curah hujan dan intensitasnya. Curah hujan merupakan salah satu faktor yang menentukan debit banjir bagi daerah tersebut. Semakin besar curah hujan yang terjadi maka semakin besar pula banjir yang akan diterima oleh dataran rendah akibat kiriman dari daerah atas maupun akibat hujan lokal.

Konsep drainase konvensional yang mengalirkan air buangan secepatnya ke hilir perlu direvisi dengan mengalirkan secara alamiah (lambat), sehingga tidak

menimbulkan banjir di hilir.(Kimpraswil, 2006). Merujuk pada konsep drainase yang berkelanjutan, struktur yang dapat dipilih adalah dengan pembuatan Sumur Resapan Air Hujan (SRAH), yang merupakan konsepsi perancangan drainase air hujan yang berasaskan pada konservasi air tanah. Sistem drainase berkelanjutan haruslah dijadikan sebagai prioritas kegiatan. Hal ini dilakukan melalui pengelolaan limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas penahan hujan. Berdasarkan fungsinya, fasilitas penahan air hujan dapat dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu tipe penyimpanan dan tipe peresapan (Suripin, 2004).

Konsepsi perancangan drainase air hujan yang berasaskan pada konservasi air tanah pada hakikatnya adalah perancangan sistem drainase yang hanya menampung air dari halaman bukan dari atap. Air hujan yang jatuh di atap, ditampung pada suatu sistem resapan air.



Gambar 10.2: Saluran Drainase Konvensional

10.2.1 Sumur Resapan Air Hujan

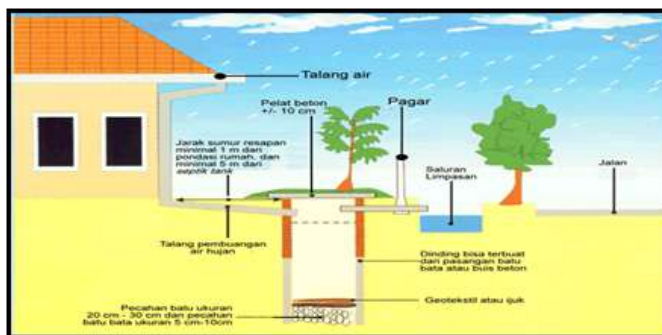
Tidak sedikit volume air yang hilang akibat pembangunan kawasan perumahan dan sarana publik lainnya seperti jalan raya. Pada pembangunan jalan raya, lapisan permukaannya dibuat agar air dari permukaan langsung dialirkan ke saluran drainase di sisi kiri dan kanan jalan sehingga tidak masuk ke dalam struktur perkerasan jalan di bawah pavement.

Akibatnya pada musim hujan, air dalam volume yang besar tidak diresapkan ke dalam tanah, tetapi langsung dibuang ke daerah limpasan, yang berakibat terjadinya banjir di daerah-daerah limpasan. Sementara itu, pada musim kemarau, daerah tadahan menjadi kekurangan air karena air yang seharusnya

disimpan sebagai cadangan pada musim hujan langsung dilimpahkan begitu saja.

Wasrif, et al, (2010) mengembangkan konsep pipa pori resapan (PPR) yang menggabungkan fungsi sumur resapan, lubang resapan biopori, dan pipa komposter resapan. PPR ini sangat memungkinkan untuk diterapkan di kawasan padat penduduk, sebab terbuat dari pipa PVC berdiameter 1-3 cm, yang pada bagian dasarnya mengadopsi konsep resapan yang menggunakan kerikil sebagai fondasi, sehingga tidak menimbulkan ancaman ambrol di daerah sekitar pipa pori resapan. Selanjutnya pada badan pipa diberi lubang pori menggunakan prinsip pipa komposter yang diselimuti ijuk. Di ujung atas pipa mengaplikasi fungsi biopori dengan menambahkan kompos, sehingga dapat menampung air yang lebih banyak dibanding dengan sumur resapan konvensional dengan rasio 15:1.

Sumur resapan juga berfungsi mencegah penurunan tanah, mengurangi genangan banjir dan aliran air di permukaan tanah, mengurangi meluasnya penyusutan/intrusi air laut ke arah daratan, dan menambah potensi air tanah (Suharta K, et al, 2008).



Gambar 10.3: Sumur Resapan Air Hujan (Suharta, K, et.all, 2008)

Sumur resapan merupakan sistem resapan buatan, yang dapat menampung air hujan yang sulit mengalir akibat adanya penutupan tanah oleh lantai bangunan maupun oleh halaman yang dipleset.

Selain itu, sumur resapan berfungsi untuk menampung, menyimpan dan menambah cadangan air tanah serta dapat mengurangi limpasan air hujan ke saluran pembuangan dan badan air lainnya sehingga dapat dimanfaatkan pada musim kemarau dan sekaligus mengurangi timbulnya banjir.

10.2.2 Lubang Resapan Biopori (LRB)

Lubang resapan biopori adalah metode resapan air dengan cara meningkatkan daya resap air pada tanah. Biopori adalah pori-pori berbentuk lubang (terowongan kecil) yang dibuat oleh aktivitas fauna tanah atau akar tanaman.



Gambar 10.4: Contoh Lubang Resapan Biopori (Dinolefty, 2010)

Lubang resapan biopori merupakan lubang silindris yang dibuat secara vertikal ke dalam tanah dengan diameter 10-30 cm dan kedalaman sekitar 100 cm, atau dalam kasus tanah dengan permukaan air tanah dangkal, tidak sampai melebihi kedalaman muka air tanah (Dinolefty, 2010).

Untuk kasus permukaan air tanah yang dangkal, kedalaman lubang tidak sampai melebihi kedalaman muka air tanah. Lubang resapan kemudian diisi dengan sampah organik yang ditimbun pada lubang itu sehingga dapat menghidupi fauna tanah, yang seterusnya mampu menciptakan biopori (Dinolefty, 2010).

1. Manfaat Lubang Resapan Berpori:
2. Meningkatkan daya resapan air.
3. Membuat kompos alami dari sampah organik.
4. Mengurangi genangan air yang menimbulkan penyakit.
5. Mengurangi risiko banjir di musim hujan.
6. Maksimalisasi peran dan aktivitas flora dan fauna tanah.
7. Mencegah terjadinya erosi tanah dan bencana tanah longsor.

Ketersediaan air dan pengelolaan sampah ramah lingkungan dapat ditanggulangi bersama dengan teknologi Lubang Resapan Biopori (LRB). Teknologi LRB dianggap efektif dan ramah lingkungan karena menggunakan jasa hewan-hewan di dalam tanah seperti cacing dan rayap serta

bantuan sampah organik untuk membentuk pori-pori alami dalam tanah sehingga air bisa terserap dan struktur tanah dapat diperbaiki (Wahyudi dkk, 2008).

Menurut Brata dan Nelistya (2008) biopori adalah ruang atau pori di dalam tanah yang dibentuk oleh makhluk hidup, seperti mikroorganisme tanah dan akar tanaman. Bentuk biopori menyerupai liang (terowongan kecil) di dalam tanah dan bercabang-cabang dan sangat efektif untuk menyalurkan air dan udara ke dalam tanah. Lubang pori terbentuk oleh adanya pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman, serta aktivitas fauna tanah seperti cacing tanah, rayap, dan semut di dalam tanah. Prinsip utama LRB adalah menghindari air hujan mengalir ke daerah yang lebih rendah dan membiarkannya terserap ke dalam tanah melalui lubang serapan tersebut.

Pori-pori yang terbentuk dapat meningkatkan kemampuan tanah menahan air dengan cara menyirkulasikan air dan oksigen ke dalam tanah. Jadi semakin banyak biopori di dalam tanah, semakin sehat tanah tersebut (Hakim, 2011). Teknologi Biopori menggunakan lubang silinder vertikal dengan diameter relatif tidak terlalu besar namun efektif untuk meresapkan air tanah. Teknologi ini dianggap lebih efektif dan mudah untuk meresapkan air ke dalam tanah dibandingkan dengan sumur resapan.

Sumur resapan memiliki ukuran cukup besar serta bahan pengisinya tidak dapat dimanfaatkan oleh biota tanah sebagai sumber energi dalam penciptaan biopori. Bahan-bahan halus yang terbawa air dan tersaring oleh bahan pengisi menyumbat rongga bahan pengisi sehingga menyebabkan laju resapan menjadi lebih lambat. Selain itu, diameter lubang yang besar menyebabkan beban resapan meningkat dan menurunkan laju resapan (Alimaksum, 2010).

Efektivitas LRB mampu mengembalikan keseimbangan flora dan fauna di dalam tanah dengan pembentukan pori alami dan menunjukkan kemampuan resapan air ke dalam tanah semakin besar sehingga dapat mengurangi genangan air yang terdapat di permukaan (Rahmawati, 2011). Teknologi LRB juga cukup efektif dalam mengurangi debit limpasan permukaan pada daerah aliran sungai sehingga dapat menjadi alternatif mengatasi masalah drainase yang ramah lingkungan (Prayitno, 2010).

Lubang resapan biopori merupakan teknologi tepat guna dan ramah lingkungan untuk mengatasi banjir dengan cara meningkatkan daya resapan air. Kehadirannya secara langsung akan menambah bidang resapan air, setidaknya sebesar luas kolom atau dinding lubang. Dengan aktivitas fauna

tanah pada lubang resapan maka biopori akan terbentuk dan senantiasa terpelihara keberadaannya. Karena itu bidang resapan ini akan selalu terjaga kemampuannya dalam menyerap air. Dengan demikian kombinasi antara luas bidang resapan dengan kehadiran biopori secara bersama-sama akan meningkatkan kemampuan dalam meresapkan air (Suripin, 2004).

Melalui proses itu maka lubang resapan biopori selain berfungsi sebagai bidang peresap air juga sekaligus sebagai "pabrik" pembuat kompos. Kompos dapat dipanen pada setiap periode tertentu dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik pada berbagai jenis tanaman, seperti tanaman hias, sayuran, dan jenis tanaman lainnya.

10.2.3 Saluran Drainase Berpori Berwawasan Lingkungan

Berdasarkan kondisi perkotaan saat ini di mana lahan resapan berkurang akibat pembangunan maka diperlukan desain saluran drainase efektif, berwawasan lingkungan, yang bukan hanya berfungsi menampung dan mengalirkan air dari badan jalan tetapi sekaligus berfungsi sebagai media penyerapan air ke lapisan tanah yang ada di bawahnya. Hal ini diperlukan sebagai salah satu langkah preventif untuk mencegah debit air yang mengalir ke dalam bangunan saluran drainase melebihi kapasitas maksimum yang telah direncanakan.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meresapkan air tersebut adalah dengan membuat lubang pori atau lubang resapan di sepanjang bagian dasar saluran. Saluran Drainase Bersilinder Pori Berwawasan Lingkungan ini telah melalui penelitian skala laboratorium untuk mengetahui; jumlah, dimensi, bahan, dan jarak lubang pori yang efektif untuk meresapkan air dari badan saluran drainase ke lapisan tanah di bawahnya.

Melalui teknologi drainase berpori ini, beberapa kegunaan yang diharapkan dapat diperoleh antara lain:

1. Mengurangi limpasan permukaan (runoff) dan erosi tanah.
2. Mereduksi dimensi jaringan drainase.
3. Ikut membantu melestarikan sumber daya air tanah, perbaikan kualitas lingkungan dan membudayakan kesadaran lingkungan.
4. Membantu menanggulangi kekurangan air bersih, sebab dengan lubang pori di dasar saluran akan menambah jumlah air yang masuk ke dalam tanah.
5. Menjaga keseimbangan air di dalam tanah

6. Mempertahankan tinggi muka air tanah dan mencegah penurunan tanah.



Gambar 10.5: Pengambilan Data di Laboratorium

Debit air yang terinfiltrasi pada Saluran Drainase Berpori berdasarkan uji laboratorium dapat dihitung melalui persamaan:

$$q_{DP} = K_f q_{darcy}$$

Nilai K_f dipengaruhi oleh koefisien permeabilitas tanah, koefisien permeabilitas pasir, diameter lubang pori, kedalaman lubang pori, tinggi muka air, dan tebal lapisan tanah.

K_f = Koefisien spesifik infiltrasi drainase berpori

$$K_f = 0,7302 \ln \left[\frac{k_2}{k_1} \right] \left[\frac{dhD}{(T-d)^2} \right] + 5,1945$$

k_2 = Koefisien permeabilities tanah

k_1 = koefisien permeabilities pasir

D = diameter lubang pori ; h = tinggi muka air

d = kedalaman lubang pori ; T = tebal lapisan tanah

q_{DP} = Debit Infiltrasi drainase berpori

Hasil penelitian dapat digunakan secara general untuk berbagai kondisi tanah dan kondisi aliran. Saluran drainase berpori dapat diterapkan pada lokasi genangan banjir di Kota Makassar.



Gambar 10.6: Model Saluran Drainase Berpori Berwawasan Lingkungan

Pada penerapan, Saluran Drainase Berpori Berwawasan Lingkungan sebaiknya berupa saluran terpisah dari saluran air kotor serta harus selalu dilakukan pengontrolan terhadap pasir dan sedimen lainnya pada lubang pori Sistem Saluran Drainase Berpori sebaiknya dilengkapi dengan bangunan pelengkap sesuai dengan kebutuhan.

Daftar Pustaka

- Agus Maryono, (2007). Restorasi Sungai. Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.
- Akhmad Aziz, Hamzah Yusuf dan Zulviyah Faisal, (2016). Konservasi Airtanah Melalui Pembuatan Sumur Resapan Air Hujan di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar, Journal INTEK, 2016. Volume 3 (2): 87-90.
- Alhie djamal (2016) "Makalah Drainase Perkotaan" <https://alhiedjamal.wordpress.com/2016/09/14/27/>
- Alimaksum, N. M. (2010). Evaluasi Hantaran Hidrolik Tanah Lubang Resapan Biopori pada Latosol Coklat Darmaga dan Latosol Merah Jakarta. Skripsi. Program Studi Ilmu Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Andarwayanti, Ussy, & Montarsih, L. (2011). Climate Change effect on Water balance at Pekalen Watershed Jawa Timur, Indonesia. International Journal of Academic Research, 3(2).
- Aneka Adhi Logam (2021) "Apa Itu Sistem Darainase Perkotaan" <https://anekaadhilogam.com/artikel/apa-itu-sistem-drainase-perkotaan/>
- Angelakis, V., Tragos, E., Pohls, H.C., Kapovits, A., Bassi, A., (2017). Designing, Developing, and Facilitating Smart Cities. Urban Design to IoT Solutions. Springer, Switzerland.
- Anonim. (2012). Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan. Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air, Edisi kedua. IPB Press. Bogor
- Asdak, C. (1995). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ating, S. Sambas A. M. (2006). Aplikasi Statistik dalam Penelitian, Pustaka Setia. Bandung

- Balitbang Kementrian PU, (2013) "Pengelolaan Drainase Perkotaan Secara Terpadu Berwawasan Lingkungan (Ecodrain)", <https://slideplayer.info/slide/12404635/>
- Bambang, T. (2010). Hidrologi Terapan. Beta Offset Yogyakarta: Edisi Kedua.
- Bhupalakas (2018) "Pernencanaan Sitem Drainase" <https://fdokumen.com/document/perencanaan-sistem-drainase-bhupalakas-blog-nbsppdf-fileperencanaan.html>
- Bidang Perencanaan Teknis dan Tata Bangunan Dinas Kimpraswil Kota Malang. Malang, April (2006), "Upaya Pengendalian Banjir Dengan Peningkatan Peran Serta Masyarakat"
- Bisri, Mohammad. dan Ussy Andawayanti. (1993) "Kalibrasi Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Snyder (Study Kasus di Sub DAS Lesti, Genteng, dan Amprong," Makalah: Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia X (PIT-HATHI X) di Ujung Pandang.
- Brata, K. R. Dan Nelistya, Anne, (2008). Lubang Resapan Biopori. Swadaya. Jakarta.
- Busro, (1990) dalam Sucipto dan Agung Sutarto, 2007. Analisis Kapasitas Tampungan Sistem Drainase Kali Beringin Untuk Pengendalian Banjir Wilayah Drainase semarang Barat,
- Busro, (2008). Implementasi Sistem Peresapan Biopori Untuk Konservasi Sumber Daya Air. Makalah.
- Busro, (2009). Implementasi Lubang Resapan Biopori Untuk Perbaikan Lingkungan, Makalah.
- Butler, D., Digman, C.J., Makropoulos, C., Davies, J.W., (2018). Urban Drainage, Fourth Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Buttler, D., Digman, C.J., Makropoulos, C., Davies, J.W., (2018). Urban Drainage, 4th ed. Taylor and Franchis, Boca Raton.
- Cow, Ven Te, David R, Maidment dan Larry W. May. (1988) "Applied Hydrology," McGraw-Hill: Series in Water Resources and Envirinmental Engineering.
- Daud Fenti, (2015). Saluran Drainase Berpori Pereduksi Genangan Banjir Perkotaan, Disertasi.

- Dinolefty, (2010). www.biopori.com , Modul Sistem Resapan Air , Lubang Berpori, Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, Nomor 1 Volume 9 – Januari 2007, hal 33 – 42
- Ejah, A. U. S, (2015). Sistem Deteksi Kebocoran Saluran Pipa Distribusi Air Pdam Dengan Metode Kecerdasan Buatan. Disertasi. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Fikri, A, dkk. (2016). Evaluasi Dimensi Saluran Air Buangan Komunal Kampung Tegal Kawung RT 5 RW 8 Cipageran Kota Cimahi. Jurnal Rekayasa Lingkungan © [Teknik Lingkungan] Itenas | No.2 | Vol. 4 Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. September 2016
- Guo, J.C.Y., (2017). Urban flood mitigation and stormwater management. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
- Hakim, N. (1986). Dasar-dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. Lampung.
- Hakim, Z. A. R. (2011). Biopori, Solusi Banjir di Perkotaan. <http://zainalarif.wordpress.com/2010/05/21/biopori-solusi-banjir-di-perkotaan/>. Diakses 6 Februari 2012.
- Haktamir, Tefaruk and Hatice Ozman. (1997) "Comparison of Hydraulic and Hydrologic Routing on Three Long Reservoirs," Fellow ASCE: Journal of Hydraulic Engineering. 123 (2).
- Hasmar, H.A.H., (2011). Drainase Terapan. Yogyakarta.
- Hasmar, Halim HA. (2012) "Drainase Terapan," Yogyakarta : UII Press.
- Indarto. (2010). Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi, Cetakan ke-1, Bumi Aksara. Jakarta
- Indrabayu. (2013). Sistem Pakar untuk prediksi Curah Hujan dengan tinjauan Teknik eksplorasi terbaik pada deret data, disertasi. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Info Sanitasi (2014) "Pola Penanganan Drainase Perkotaan " <https://www.slideshare.net/infosanitasi/pola-penanganan-drainase-perkotaan-33782295>
- Keith Beven, (2004) "Robert E. Horton's perceptual model of infiltration processes ", Hydrological Processes, Wiley Intersciences DOI 10:1002/hyp 5740

- Kementerian Pekerjaan Umum, (2012). Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan. Direktorat Jendral Cipta Karya, Jakarta.
- Kementerian PUPR, (2017). Modul 4 Metode Pengendalian Banjir. Kementerian PUPR
- Kendall, M.G. (2005). Mann Kendall Analysis for the Fort Ord Site, http://dubaobien.vn/dhkhtn/stores/files/0907_Tailieu_CuaLo/TLTK/MANN-KENDALL%20ANALYSIS.pdf. 4 Desember 2010 144
- Kimpraswil, (2006). Penyebab banjir dan Konsep Drainase Konvensional
- Kodoatie, R, J (2013): Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, R. J., dkk (2006): Pengelolaan Bencana Terpadu. Penerbit Yarsif Watampone, Jakarta.
- Kurniawan, A. dkk. (2015). Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik menggunakan Air Hujan untuk Debit Penggelontoran. Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. 22, No.1, Maret 2015: 39-51.
- Kusumadewi, D. A., dkk (2012). Arahana Spasial Teknologi Drainase Untuk Mereduksi Genangan Di Sub DAS Watu Bagian Hilir. Jurnal Teknik Pengairan, 3(2), 258-276.
- Linsley, dkk, (1989). Hidrologi untuk Insinyur, Erlangga, Jakarta.
- Linsley, R. K. Jr., A, Kohler and J.L.H. Palhus. (1986) "Hidrologi Untuk Insinyur. (alih bahasa: Yandi Hermawan)," Jakarta: Erlangga.
- Mariapropterti (2019) "Permasalahan Sistem Drainase Perkotaan" <https://mariapropterti.co.id/permasalahan-sistem-drainase-perkotaan-dan-solusinya/>
- Mock, F.J. (1973) Water Availability Appraisal, Food Agriculture Organization of the United Nation. Bogor.
- Montarcih L, Lily. (2009). "Hidrograf Satuan Sintetik Limantara (Studi Kasus di Sebagian DAS di Indonesia)," Jurnal Rekayasa Sipil 3(3) p. 209-226.
- Montarcih, Lily. (2009). Hidrologi TSA. Cetakan I, Penerbit CV. Citra Malang. Malang.
- Muliasari, A., Dkk. (2013.) Simulasi Perancangan Drainase Muka Tanah pada Bandar Udara Achmad Yani Semarang Sebagai Salah Satu Usaha

- Pencegahan Banjir. *Warta Ardha*, Vol. 39 No. 4 Desember 2013, hal. 305 – 316
- Muntrejo, K. (1982). *Applied Hydrology*, Tata Mc Graw-Hill. New Delhi. India.
- Muttaqin, Adi Yusuf. (2007). *Kinerja Sistem Drainase Yang Berkelanjutan Berbasis Partisipasi Masyarakat (Studi Kasus di Perumahan Josroyo Indah Jaten Kabupaten Karanganyar)*, Media Teknik Sipil.
- Nisaul Kamila, Irawan Wisnu Wardhana dan Endro Sutrisno. (2016). *Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Ecodrainage) Di Kelurahan Jatihsari, Kecamatan Mijen, Kota Semarang*. *Jurnal Teknik Lingkungan* volume 22 Nomor 2. Hal 63-67)
- Norman H. Crawford & Steven M. Thurin. (1981). *Hydrologic Estimate For Small Hydroelectric Projects*, National Rural Electric Cooperative Association (Nreca) 1800 Massachusetts Avenue NW. Washington, DC 20036.
- Nugroho Hadisusanto. (2006). *Model Simulasi Hujan-Aliran Sungai Fungsi Simpanan Air Tanah*, Disertasi Pasca Sarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Nurhuda, R., (2013). *Penanggulangan Masalah Banjir di Kecamatan Kota Bojonegoro, Surabaya*. Unesa
- Oraetlaboratbeatrice (2018), "Makalah Drainase Perkotaan" <http://oraetlaboratbeatrice.blogspot.com/2018/11/makalah-drainase-perkotaan.html>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No. 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan
- Prahasta, Eddy, (2014), *SIG: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*, Edisi Revisi. Bandung, Penerbit Informatika.
- Prayitno, G. dkk. (2010). *Studi Efektifitas Biopori sebagai Alternatif Teknologi Ekodrainase dalam Mengendalikan Banjir di Kota Malang (Studi Kasus: Sub DAS Metro)*. Laporan Penelitian. Fakultas Teknik. Malang: Universitas Brawijaya
- Prayogi, Dkk. (2012). *Evaluasi Permasalahan Sistem Drainase Kawasan Jeruk Purut, Kecamatan Pasar Minggu, Kotamadya Jakarta selatan*.

- Rakhim, Abd. (1998). "Analaisis Hidrograf Satuan Untuk Menghitung Debit Banjir Rancangan (Studi Kasus di DAS Jeneberang, Sulawesi Selatan)," Malang: Thesis S2, Universitas Brawijaya
- Robert, E. Horton (1933) The Horton Papers
- Sahin, M.M.A. (1979). "Statistical Analysis in Hydrology," International Courses in Hydraulic and Sanitary Engineering (IHE). Delf: Nederlands.
- Sarif Robo (2014). Penerapan Sistem Polder Dan Ekodrainase Sebagai Bentuk Konservasi Air Dan Pengendalian Banjir Di Perkotaan. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Seyhan, Ersin. (1990) "Dasar-dasar Hidrologi," Yogyakarta: Gajah Mada Universitu Press.
- SN (1997) "Drainase Perkotaan," Bandung : Gunadarma
- Soemarto, CD. (1995). "Hidrologi Teknik, Edisi Kedua" Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono. Kensaku Takeda. (1989). "Hidrologi Untuk Pengairan," Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sri Harto BR. (1993). "Analisis Hidrologi," Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Subarkah, Imam. (1980). " Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air" Bandung : Idea Dharma
- Sugiarto, E. (1995). Kajian Ketersediaan dan Kebutuhan Air Untuk Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu. Tesis Magister Sains. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sugiyono. (2010). Statistika untuk Penelitian, Cetakan ke-17. Alfabeta. Bandung.
- Suharta, I Ketut. (2000). mengetahui kapasitas infiltrasi dan kapasitas perlokasi dan mengetahui potensi peresapan air hujan di wilayah Kota Denpasar. Indonesia
- Sunarto. (1997). Paleogeomorfologi dalam Analisis Perubahan Lingkungan Kompleks Gua Karst Maros. Majalah Geografi Indonesia, (11) 19,31-52.
- Sunjoto. (1987). Sistem Drainase Air Hujan yang Berwawasan Lingkungan, Makalah Seminar Pengkajian Sitem Hidrologi dan Hidrolika, PAU Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada.

- Sunjoto. (2012). Teknik Drainase Pro Air, Jurusan Sipil & Lingkungan Universitas Gajahmada, Yogyakarta.
- Sunjoto.S. (2011). Comparison of Recharge System Formulas from Point of View of Dimension Analysis, Mathematical Logic and Flow Condition, Proceedings of the 4th ASEAN Civil Engineering Conference, Department of Civil & Environmental Engineering Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia
- Suripin, Dr.Ir., M. Eng, (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, 1st ed. Andi Offset, Yogyakarta.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Edisi Pertama. Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Suripin.. (2004). "Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan", Penerbit andi Jogyakarta.
- Tamrin (2017) "Sistem Drainase Daerah Dataran Rendah Teori dan Aplikasi," Samarinda : Mulawarman University Press.
- Triatmodjo, Bambang. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahyudi, A. F., R. Sembara, dan A. H. Nasution. (2008). Lubang Resapan Biopori sebagai Teknologi untuk Mengurangi Sampah Organik dan Mengatasi Banjir. Karya Tulis Ilmiah. Bogor: IPB
- Wasrif, Taufan Kurniawan, dan Friski Cahya N. (2010). Inovasi Pipa Pori Resapan Untuk Penanggulangan Banjir Di Kawasan Perkotaan Padat Penduduk'., Jurusan Teknik Sipil UGM.
- Wesli, (2008). Drainase Perkotaan. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Wilson, E.M. (1993). "Hidrologi Teknik, alih bahasa: Asnawi Marjuki," Bandung: Isntitut Teknologi Bandung (ITB).
- Wilson, E.M., (1993). Hidrologi Teknik. Penerbit ITB, Bandung.

Daftar Pustaka

- Agus Maryono, (2007). Restorasi Sungai. Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.
- Akhmad Aziz, Hamzah Yusuf dan Zulviyah Faisal, (2016). Konservasi Airtanah Melalui Pembuatan Sumur Resapan Air Hujan di Kelurahan Maradekaya Kota Makassar, Journal INTEK, 2016. Volume 3 (2): 87-90.
- Alhie djamal (2016) "Makalah Drainase Perkotaan" <https://alhiedjamal.wordpress.com/2016/09/14/27/>
- Alimaksum, N. M. (2010). Evaluasi Hantaran Hidrolik Tanah Lubang Resapan Biopori pada Latosol Coklat Darmaga dan Latosol Merah Jakarta. Skripsi. Program Studi Ilmu Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Andarwayanti, Ussy, & Montarsih, L. (2011). Climate Change effect on Water balance at Pekalen Watershed Jawa Timur, Indonesia. International Journal of Academic Research, 3(2).
- Aneka Adhi Logam (2021) "Apa Itu Sistem Darainase Perkotaan" <https://anekaadhilogam.com/artikel/apa-itu-sistem-drainase-perkotaan/>
- Angelakis, V., Tragos, E., Pohls, H.C., Kapovits, A., Bassi, A., (2017). Designing, Developing, and Facilitating Smart Cities. Urban Design to IoT Solutions. Springer, Switzerland.
- Anonim. (2012). Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan. Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air, Edisi kedua. IPB Press. Bogor
- Asdak, C. (1995). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ating, S. Sambas A. M. (2006). Aplikasi Statistik dalam Penelitian, Pustaka Setia. Bandung

- Balitbang Kementrian PU, (2013) "Pengelolaan Drainase Perkotaan Secara Terpadu Berwawasan Lingkungan (Ecodrain)", <https://slideplayer.info/slide/12404635/>
- Bambang, T. (2010). Hidrologi Terapan. Beta Offset Yogyakarta: Edisi Kedua.
- Bhupalakas (2018) "Pernencanaan Sitem Drainase" <https://fdokumen.com/document/perencanaan-sistem-drainase-bhupalakas-blog-nbsppdf-fileperencanaan.html>
- Bidang Perencanaan Teknis dan Tata Bangunan Dinas Kimpraswil Kota Malang. Malang, April (2006), "Upaya Pengendalian Banjir Dengan Peningkatan Peran Serta Masyarakat"
- Bisri, Mohammad. dan Ussy Andawayanti. (1993) "Kalibrasi Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Snyder (Study Kasus di Sub DAS Lesti, Genteng, dan Amprong," Makalah: Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia X (PIT-HATHI X) di Ujung Pandang.
- Brata, K. R. Dan Nelistya, Anne, (2008). Lubang Resapan Biopori. Swadaya. Jakarta.
- Busro, (1990) dalam Sucipto dan Agung Sutarto, 2007. Analisis Kapasitas Tampungan Sistem Drainase Kali Beringin Untuk Pengendalian Banjir Wilayah Drainase semarang Barat,
- Busro, (2008). Implementasi Sistem Peresapan Biopori Untuk Konservasi Sumber Daya Air. Makalah.
- Busro, (2009). Implementasi Lubang Resapan Biopori Untuk Perbaikan Lingkungan, Makalah.
- Butler, D., Digman, C.J., Makropoulos, C., Davies, J.W., (2018). Urban Drainage, Fourth Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Buttler, D., Digman, C.J., Makropoulos, C., Davies, J.W., (2018). Urban Drainage, 4th ed. Taylor and Franchis, Boca Raton.
- Cow, Ven Te, David R, Maidment dan Larry W. May. (1988) "Applied Hydrology," McGraw-Hill: Series in Water Resources and Envirinmental Engineering.
- Daud Fenti, (2015). Saluran Drainase Berpori Pereduksi Genangan Banjir Perkotaan, Disertasi.

- Dinolefty, (2010). www.biopori.com , Modul Sistem Resapan Air , Lubang Berpori, Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, Nomor 1 Volume 9 – Januari 2007, hal 33 – 42
- Ejah, A. U. S, (2015). Sistem Deteksi Kebocoran Saluran Pipa Distribusi Air Pdam Dengan Metode Kecerdasan Buatan. Disertasi. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Fikri, A, dkk. (2016). Evaluasi Dimensi Saluran Air Buangan Komunal Kampung Tegal Kawung RT 5 RW 8 Cipageran Kota Cimahi. Jurnal Rekayasa Lingkungan © [Teknik Lingkungan] Itenas | No.2 | Vol. 4 Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. September 2016
- Guo, J.C.Y., (2017). Urban flood mitigation and stormwater management. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
- Hakim, N. (1986). Dasar-dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. Lampung.
- Hakim, Z. A. R. (2011). Biopori, Solusi Banjir di Perkotaan. <http://zainalarif.wordpress.com/2010/05/21/biopori-solusi-banjir-di-perkotaan/>. Diakses 6 Februari 2012.
- Haktamir, Tefaruk and Hatice Ozman. (1997) "Comparison of Hydraulic and Hydrologic Routing on Three Long Reservoirs," Fellow ASCE: Journal of Hydraulic Engineering. 123 (2).
- Hasmar, H.A.H., (2011). Drainase Terapan. Yogyakarta.
- Hasmar, Halim HA. (2012) "Drainase Terapan," Yogyakarta : UII Press.
- Indarto. (2010). Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi, Cetakan ke-1, Bumi Aksara. Jakarta
- Indrabayu. (2013). Sistem Pakar untuk prediksi Curah Hujan dengan tinjauan Teknik eksplorasi terbaik pada deret data, disertasi. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Info Sanitasi (2014) "Pola Penanganan Drainase Perkotaan " <https://www.slideshare.net/infosanitasi/pola-penanganan-drainase-perkotaan-33782295>
- Keith Beven, (2004) "Robert E. Horton's perceptual model of infiltration processes ", Hydrological Processes, Wiley Intersciences DOI 10:1002/hyp 5740

- Kementerian Pekerjaan Umum, (2012). Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan. Direktorat Jendral Cipta Karya, Jakarta.
- Kementerian PUPR, (2017). Modul 4 Metode Pengendalian Banjir. Kementerian PUPR
- Kendall, M.G. (2005). Mann Kendall Analysis for the Fort Ord Site, http://dubaobien.vn/dhkhtn/stores/files/0907_Tailieu_CuaLo/TLTK/MANN-KENDALL%20ANALYSIS.pdf. 4 Desember 2010 144
- Kimpraswil, (2006). Penyebab banjir dan Konsep Drainase Konvensional
- Kodoatie, R, J (2013): Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, R. J., dkk (2006): Pengelolaan Bencana Terpadu. Penerbit Yarsif Watampone, Jakarta.
- Kurniawan, A. dkk. (2015). Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik menggunakan Air Hujan untuk Debit Penggelontoran. Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. 22, No.1, Maret 2015: 39-51.
- Kusumadewi, D. A., dkk (2012). Arahana Spasial Teknologi Drainase Untuk Mereduksi Genangan Di Sub DAS Watu Bagian Hilir. Jurnal Teknik Pengairan, 3(2), 258-276.
- Linsley, dkk, (1989). Hidrologi untuk Insinyur, Erlangga, Jakarta.
- Linsley, R. K. Jr., A, Kohler and J.L.H. Palhus. (1986) "Hidrologi Untuk Insinyur. (alih bahasa: Yandi Hermawan)," Jakarta: Erlangga.
- Mariapropterti (2019) "Permasalahan Sistem Drainase Perkotaan" <https://mariapropterti.co.id/permasalahan-sistem-drainase-perkotaan-dan-solusinya/>
- Mock, F.J. (1973) Water Availability Appraisal, Food Agriculture Organization of the United Nation. Bogor.
- Montarich L, Lily. (2009). "Hidrograf Satuan Sintetik Limantara (Studi Kasus di Sebagian DAS di Indonesia)," Jurnal Rekayasa Sipil 3(3) p. 209-226.
- Montarich, Lily. (2009). Hidrologi TSA. Cetakan I, Penerbit CV. Citra Malang. Malang.
- Muliasari, A., Dkk. (2013.) Simulasi Perancangan Drainase Muka Tanah pada Bandar Udara Achmad Yani Semarang Sebagai Salah Satu Usaha

- Pencegahan Banjir. *Warta Ardha*, Vol. 39 No. 4 Desember 2013, hal. 305 – 316
- Muntrejo, K. (1982). *Applied Hydrology*, Tata Mc Graw-Hill. New Delhi. India.
- Muttaqin, Adi Yusuf. (2007). *Kinerja Sistem Drainase Yang Berkelanjutan Berbasis Partisipasi Masyarakat (Studi Kasus di Perumahan Josroyo Indah Jaten Kabupaten Karanganyar)*, Media Teknik Sipil.
- Nisaul Kamila, Irawan Wisnu Wardhana dan Endro Sutrisno. (2016). *Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Ecodrainage) Di Kelurahan Jatihsari, Kecamatan Mijen, Kota Semarang*. *Jurnal Teknik Lingkungan* volume 22 Nomor 2. Hal 63-67)
- Norman H. Crawford & Steven M. Thurin. (1981). *Hydrologic Estimate For Small Hydroelectric Projects*, National Rural Electric Cooperative Association (Nreca) 1800 Massachusetts Avenue NW. Washington, DC 20036.
- Nugroho Hadisusanto. (2006). *Model Simulasi Hujan-Aliran Sungai Fungsi Simpanan Air Tanah*, Disertasi Pasca Sarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Nurhuda, R., (2013). *Penanggulangan Masalah Banjir di Kecamatan Kota Bojonegoro, Surabaya*. Unesa
- Oraetlaboratbeatrice (2018), "Makalah Drainase Perkotaan" <http://oraetlaboratbeatrice.blogspot.com/2018/11/makalah-drainase-perkotaan.html>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No. 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan
- Prahasta, Eddy, (2014), *SIG: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*, Edisi Revisi. Bandung, Penerbit Informatika.
- Prayitno, G. dkk. (2010). *Studi Efektifitas Biopori sebagai Alternatif Teknologi Ekodrainase dalam Mengendalikan Banjir di Kota Malang (Studi Kasus: Sub DAS Metro)*. Laporan Penelitian. Fakultas Teknik. Malang: Universitas Brawijaya
- Prayogi, Dkk. (2012). *Evaluasi Permasalahan Sistem Drainase Kawasan Jeruk Purut, Kecamatan Pasar Minggu, Kotamadya Jakarta selatan*.

- Rakhim, Abd. (1998). "Analaisis Hidrograf Satuan Untuk Menghitung Debit Banjir Rancangan (Studi Kasus di DAS Jeneberang, Sulawesi Selatan)," Malang: Thesis S2, Universitas Brawijaya
- Robert, E. Horton (1933) The Horton Papers
- Sahin, M.M.A. (1979). "Statistical Analysis in Hydrology," International Courses in Hydraulic and Sanitary Engineering (IHE). Delf: Nederlands.
- Sarif Robo (2014). Penerapan Sistem Polder Dan Ekodrainase Sebagai Bentuk Konservasi Air Dan Pengendalian Banjir Di Perkotaan. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Seyhan, Ersin. (1990) "Dasar-dasar Hidrologi," Yogyakarta: Gajah Mada Universitu Press.
- SN (1997) "Drainase Perkotaan," Bandung : Gunadarma
- Soemarto, CD. (1995). "Hidrologi Teknik, Edisi Kedua" Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono. Kensaku Takeda. (1989). "Hidrologi Untuk Pengairan," Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sri Harto BR. (1993). "Analisis Hidrologi," Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Subarkah, Imam. (1980). " Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air" Bandung : Idea Dharma
- Sugiarto, E. (1995). Kajian Ketersediaan dan Kebutuhan Air Untuk Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu. Tesis Magister Sains. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sugiyono. (2010). Statistika untuk Penelitian, Cetakan ke-17. Alfabeta. Bandung.
- Suharta, I Ketut. (2000). mengetahui kapasitas infiltrasi dan kapasitas perlokasi dan mengetahui potensi peresapan air hujan di wilayah Kota Denpasar. Indonesia
- Sunarto. (1997). Paleogeomorfologi dalam Analisis Perubahan Lingkungan Kompleks Gua Karst Maros. Majalah Geografi Indonesia, (11) 19,31-52.
- Sunjoto. (1987). Sistem Drainase Air Hujan yang Berwawasan Lingkungan, Makalah Seminar Pengkajian Sitem Hidrologi dan Hidrolika, PAU Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada.

- Sunjoto. (2012). Teknik Drainase Pro Air, Jurusan Sipil & Lingkungan Universitas Gajahmada, Yogyakarta.
- Sunjoto.S. (2011). Comparison of Recharge System Formulas from Point of View of Dimension Analysis, Mathematical Logic and Flow Condition, Proceedings of the 4th ASEAN Civil Engineering Conference, Department of Civil & Environmental Engineering Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia
- Suripin, Dr.Ir., M. Eng, (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, 1st ed. Andi Offset, Yogyakarta.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Edisi Pertama. Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Suripin.. (2004). "Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan", Penerbit andi Jogyakarta.
- Tamrin (2017) "Sistem Drainase Daerah Dataran Rendah Teori dan Aplikasi," Samarinda : Mulawarman University Press.
- Triatmodjo, Bambang. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahyudi, A. F., R. Sembara, dan A. H. Nasution. (2008). Lubang Resapan Biopori sebagai Teknologi untuk Mengurangi Sampah Organik dan Mengatasi Banjir. Karya Tulis Ilmiah. Bogor: IPB
- Wasrif, Taufan Kurniawan, dan Friski Cahya N. (2010). Inovasi Pipa Pori Resapan Untuk Penanggulangan Banjir Di Kawasan Perkotaan Padat Penduduk'., Jurusan Teknik Sipil UGM.
- Wesli, (2008). Drainase Perkotaan. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Wilson, E.M. (1993). "Hidrologi Teknik, alih bahasa: Asnawi Marjuki," Bandung: Isntitut Teknologi Bandung (ITB).
- Wilson, E.M., (1993). Hidrologi Teknik. Penerbit ITB, Bandung.

DRAINASE PERKOTAAN

Drainase Perkotaan merupakan bagian materi yang dipelajari dalam bidang ilmu Rekayasa Teknik Sipil. Peran ilmu pengetahuan dalam bidang perencanaan dan pengelolaan drainase ini sangatlah strategis dalam mendukung pembangunan nasional, utamanya dalam upaya pengendalian banjir dan penataan kawasan perkotaan. Pengaturan dan pengendalian air adalah kunci pembangunan perkotaan yang berkelanjutan serta pilar utama bagi kesehatan masyarakat dan kesejahteraan sosial. Keberadaan sarana sanitasi lingkungan yang memadai dalam sistem drainase yang sehat dan berwawasan lingkungan dapat meningkatkan kesehatan manusia dan lingkungannya serta menjadi syarat mutlak bagi terwujudnya kota nyaman huni di era menuju smart city saat ini.

Buku ini disusun secara kolaboratif oleh para sivitas yang berasal dari Perguruan Tinggi baik negeri maupun swasta sebagai bentuk perwujudan atas pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi, untuk membantu para perencana dan para stakeholder yang berkecimpung dalam bidang drainase perkotaan.

Buku ini berisi berbagai materi seputar hal teknis perencanaan sistem drainase khususnya untuk wilayah perkotaan, yang terbagi dalam 10 bab yang menguraikan tentang:

- Bab 1. Pengenalan Drainase Perkotaan
- Bab 2. Sistem Drainase Perkotaan
- Bab 3. Dasar-Dasar Penilaian Dampak Lingkungan
- Bab 4. Dasar-Dasar Pengendalian Banjir
- Bab 5. Beban Drainase
- Bab 6. Bangunan Pengontrolan Drainase Perkotaan
- Bab 7. Analisis Statistik dan Analisis Intensitas Hujan
- Bab 8. Analisis Hidrograf
- Bab 9. Desain Drainase Perkotaan
- Bab 10. Alternatif Drainase Berwawasan Lingkungan



YAYASAN KITA MENULIS
press@kitamenulis.id
www.kitamenulis.id

