

DRAINASE PERKOTAAN BERKELANJUTAN



PENULIS :

**Amrullah Mansida, Amalia Nurdin, Wati Asriningsih Pranoto,
M. Agusalm, Azizah Rokhmawati**

DRAINASE PERKOTAAN BERKELANJUTAN

**Amrullah Mansida
Amalia Nurdin
Wati Asriningsih Pranoto
M. Agusalim
Azizah Rokhmawati**



GET PRESS INDONESIA

DRAINASE PERKOTAAN BERKELANJUTAN

Penulis :

Amrullah Mansida
Amalia Nurdin
Wati Asriningsih Pranoto
M. Agusalim
Azizah Rokhmawati

ISBN : 978-623-125-512-9

Editor : Mila Sari, S.ST, M.Si

Penyunting : Rantika Maida Sahara, S.Tr.Kes

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Desember 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Drainase Perkotaan Berkelanjutan ini.

Buku Ini Membahas Konsep Dan Prinsip Drainase Berkelanjutan, Konsep-konsep Drainase Yang Berwawasan Lingkungan, Debit Banjir Rancangan, Perencanaan Bangunan Pelengkap, Masalah-masalah Drainase Di Perkotaan.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1 SISTEM DAN KONSEP DRAINASE	
BERKELANJUTAN	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.1.1 Prinsip-Prinsip Drainase Berkelanjutan	3
1.1.2 Manfaat Drainase Berkelanjutan	4
1.2 Tujuan dan Manfaat Drainase Berkelanjutan	5
1.2.1 Tujuan Drainase Berkelanjutan	5
1.2.2 Manfaat Drainase Berkelanjutan	6
1.3 Prinsip-Prinsip Utama Drainase Berkelanjutan	7
1.4 Teknologi dan Inovasi dalam Drainase Berkelanjutan.....	9
1.5 Manajemen dan Pemeliharaan Sistem Drainase Berkelanjutan.....	11
1.6 Studi Kasus dan Implementasi Drainase Berkelanjutan.....	14
1.7 Kebijakan dan Regulasi yang Mendukung Drainase Berkelanjutan	17
DAFTAR PUSTAKA	21
BAB 2 KONSEP-KONSEP DRAINASE YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN	27
2.1 Pendahuluan.....	27
2.2 Konsep Drainase Berwawasan Lingkungan	28
2.2.1 Penggunaan Vegetasi dan Ruang Hijau.....	28
2.2.2 <i>Permeable Pavement</i>	29
2.2.3 Pemanfaatan Kolam Retensi dan Detensi.....	30
2.2.4 Bio-retensi.....	33
2.2.5 Rain garden	37
2.2.6 <i>Green Roof</i> (Atap Hijau).....	40
DAFTAR PUSTAKA	45
BAB 3 DEBIT BANJIR RANCANGAN	47
3.1 Data dan Informasi	47

3.2 Penentuan Debit Banjir Rancangan.....	48
3.3 Perencanaan Hidrologi	49
DAFTAR PUSTAKA.....	62
BAB 4 PERENCANAAN BANGUNAN PELENGKAP	63
4.1 Pendahuluan	63
4.2 Jenis-Jenis Bangunan Pelengkap	65
4.2.1 Gorong-Gorong (Cuvert)	65
4.2.2 Sumur Resapan.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	78
BAB 5 MASALAH-MASALAH DRAINASE	
DI PERKOTAAN.....	79
5.1 Pendahuluan	79
5.2 Masalah-Masalah Drainase di Perkotaan	84
5.3 Penanganan Permasalahan Drainase Perkotaan.....	88
5.3.1 Isu Strategis	89
5.3.2 Penanganan Masalah Drainase	91
DAFTAR PUSTAKA.....	93
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota.....	52
Tabel 3.2. Harga Y_t Sebagai Fungsi T	53
Tabel 3.3. Faktor Frekuensi Untuk Nilai Ekstrim (k)	54
Tabel 3.4. Simpangan Baku Tereduksi (S_n).....	54
Tabel 3.5. Rata-rata tereduksi y_n	55
Tabel 3.6. Hubungan Antara Kala Ulang Dengan Faktor Reduksi (Y_t)	55
Tabel 3.7. Nilai Koefisien Limpasan	59
Tabel 4.1. Tabel Reduce Variate (Y_t) Metode Gumbel.....	67
Tabel 4.2. Harga <i>reduced mean</i> (Y_n) dan <i>reduced standard deviation</i> (S_n)	68
Tabel 4.3. Parameter statistik analisa frekwensi.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Perbandingan penggunaan SUDS dan Non SUDS.....	28
Gambar 2.2. Permeable Pavement.....	30
Gambar 2.3. Kolam Retensi.....	31
Gambar 2.4. Kolam Detensi	32
Gambar 2.5. Skematik Desain Bioretensi Bucket Permanen dan Moveable	36
Gambar 3.1. Pembagian Kemiringan Dasar Saluran Ekuivalen.....	51
Gambar 4.1. Gorong-gorong	66
Gambar 4.2. Sumur Resapan	71
Gambar 5.1. Proses Pembangunan Infrastruktur yang kurang melibatkan masyarakat	84
Gambar 5.2. Proses Pembangunan Infrastruktur yang melibatkan masyarakat sejak awal, hasilnya diterima oleh masyarakat.....	84
Gambar 5.3. Kondisi Genangan Perkotaan.....	86
Gambar 5.4. Kondisi Amblesan tanah	87

BAB 1

SISTEM DAN KONSEP DRAINASE

BERKELANJUTAN

Oleh Amrullah Mansida

1.1 Pendahuluan

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 (Saidah *et al.*, 2021).

Limpasan permukaan adalah aliran air yang mengalir di atas permukaan karena penuhnya kapasitas infiltrasi tanah (Saidah *et al.*, 2021).

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.

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 (Saidah *et al.*, 2021).

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 (Saidah *et al.*, 2021).

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 (Saidah *et al.*, 2021).

1.1.1 Prinsip-Prinsip Drainase Berkelanjutan

Infiltrasi: Salah satu prinsip utama dalam drainase berkelanjutan adalah meningkatkan infiltrasi air hujan ke dalam tanah, yang membantu mengurangi volume air limpasan permukaan. Teknik infiltrasi ini mencakup penggunaan permukaan berpori, taman hujan, dan sumur resapan, yang memungkinkan air untuk diserap oleh tanah dan mengisi ulang akuifer air tanah. Pendekatan ini juga membantu mengurangi beban pada sistem drainase konvensional dan mengurangi risiko banjir di daerah hilir (Crispo, 2021) dan (Zhanga, Wub and Tarollia, no date) dan berpori dan taman hujan, yang memungkinkan air meresap langsung ke dalam tanah dan mengurangi volume limpasan permukaan (Hoang and Fenner, 2016).

Metode-metode yang menjadi referensi dalam penanganan drainase yang berkelanjutan, diuraikan sebagai berikut:

- 1. Retensi dan Penahanan:** Air hujan sering kali ditahan sementara waktu untuk mengurangi puncak aliran dan mencegah banjir. Retensi dapat dilakukan melalui kolam retensi, tangki bawah tanah, dan lahan basah buatan, yang tidak hanya mengendalikan aliran air, tetapi juga meningkatkan kualitas air dengan cara menyaring sedimen dan polutan sebelum dilepaskan ke badan air (Wang *et al.*, 2020).
- 2. Pemurnian:** Pemurnian air hujan adalah proses penting dalam drainase berkelanjutan, di mana air yang mengalir di permukaan sering kali mengandung polutan seperti logam berat, bahan kimia, dan partikel tersuspensi. Sistem drainase berkelanjutan, seperti bioswales dan taman hujan, dirancang untuk memurnikan air melalui proses biofiltrasi, di mana

tanaman dan media tanah digunakan untuk menyaring polutan sebelum air dilepaskan kembali ke lingkungan (Li *et al.*, 2017).

- 3. Penggunaan Kembali:** Penggunaan kembali air hujan adalah komponen penting dalam strategi drainase berkelanjutan. Dengan mengumpulkan dan memanfaatkan air hujan untuk irigasi, penyiraman tanaman, atau bahkan untuk kebutuhan domestik non-potable, sistem ini mengurangi tekanan pada sumber air bersih dan mengurangi volume air yang perlu dikelola oleh sistem drainase (Zhi *et al.*, 2022).

1.1.2 Manfaat Drainase Berkelanjutan

Drainase berkelanjutan memberikan berbagai manfaat, baik dari segi lingkungan maupun sosial-ekonomi. Dari perspektif lingkungan, sistem ini membantu mengurangi risiko banjir dan erosi tanah, serta meningkatkan kualitas air dengan menghilangkan polutan sebelum air mencapai sungai atau laut. Selain itu, drainase berkelanjutan mendukung konservasi air dengan mempromosikan penggunaan ulang air hujan, yang pada gilirannya mengurangi permintaan pada sumber daya air bersih (Wang and Wang, 2024). Manfaat sosial-ekonomi dari drainase berkelanjutan mencakup peningkatan kualitas hidup melalui pengembangan ruang hijau yang dapat digunakan untuk rekreasi dan mitigasi efek pulau panas perkotaan. Dengan mengintegrasikan infrastruktur hijau dalam perencanaan kota, drainase berkelanjutan juga mendukung pembangunan berkelanjutan yang lebih inklusif dan berdaya tahan terhadap perubahan iklim (Chen *et al.*, 2021).

Drainase berkelanjutan adalah pendekatan holistik yang menggabungkan teknik-teknik infiltrasi, retensi, pemurnian, dan penggunaan kembali air hujan untuk menciptakan sistem pengelolaan air yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Dengan

mempertimbangkan dampak ekologis dan sosial jangka panjang, drainase berkelanjutan menjadi solusi penting dalam mengatasi tantangan urbanisasi dan perubahan iklim.

1.2 Tujuan dan Manfaat Drainase Berkelanjutan

Drainase berkelanjutan adalah pendekatan inovatif dalam pengelolaan air yang berupaya meniru dan melestarikan proses hidrologi alami, terutama di lingkungan perkotaan yang padat. Sistem ini dirancang untuk mengatasi berbagai tantangan yang ditimbulkan oleh pengembangan urbanisasi yang cepat, seperti meningkatnya risiko banjir, erosi tanah, dan penurunan kualitas air. Tujuan utama drainase berkelanjutan adalah untuk menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih tangguh dan ramah lingkungan, yang mampu mengelola air hujan secara efektif sambil mendukung kelestarian ekosistem. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai tujuan dan manfaat drainase berkelanjutan.

1.2.1 Tujuan Drainase Berkelanjutan

- 1. Pengendalian Banjir:** Salah satu tujuan utama drainase berkelanjutan adalah mengurangi risiko banjir di lingkungan perkotaan. Dengan mengelola air hujan di dekat sumbernya melalui teknik infiltrasi, retensi, dan pemurnian, sistem ini membantu mengurangi volume dan kecepatan aliran air yang memasuki sistem drainase, sehingga mengurangi risiko banjir di daerah hilir (Fletcher, Andrieu and Hamel, 2013).
- 2. Pelestarian Kualitas Air:** Drainase berkelanjutan bertujuan untuk meningkatkan kualitas air dengan menghilangkan polutan dari air hujan sebelum dilepaskan ke badan air. Proses biofiltrasi dan penggunaan vegetasi dalam sistem drainase berkelanjutan membantu menyaring kontaminan seperti logam berat, bahan kimia, dan sedimen, yang pada

akhirnya mendukung kesehatan ekosistem air dan sumber daya air bersih (Li *et al.*, 2017).

3. **Konservasi Sumber Daya Air:** Mengingat meningkatnya permintaan air bersih, salah satu tujuan penting drainase berkelanjutan adalah mempromosikan penggunaan kembali air hujan untuk berbagai keperluan, seperti irigasi dan kebutuhan domestik non-potable. Ini mengurangi tekanan pada sumber daya air bersih dan mendukung pengelolaan sumber daya air yang lebih efisien (Sun *et al.*, 2022), (Cao, Cao and Xu, 2023).
4. **Pengurangan Dampak Urbanisasi:** Drainase berkelanjutan dirancang untuk mengurangi dampak negatif dari urbanisasi, seperti efek pulau panas perkotaan, dengan mengintegrasikan infrastruktur hijau yang mendukung evaporasi dan evapo-transpirasi, serta meningkatkan kualitas udara dan iklim mikro di lingkungan perkotaan (Chen *et al.*, 2021).

1.2.2 Manfaat Drainase Berkelanjutan

1. **Manfaat Ekologis:** Drainase berkelanjutan memberikan manfaat signifikan bagi lingkungan, termasuk peningkatan kualitas air dan pelestarian keanekaragaman hayati. Dengan mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan infiltrasi, sistem ini mendukung keseimbangan hidrologi alami dan membantu menjaga kesehatan ekosistem air (Chen *et al.*, 2021), (An *et al.*, 2023).
2. **Manfaat Sosial:** Sistem drainase berkelanjutan berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup di lingkungan perkotaan. Integrasi ruang hijau seperti taman hujan, bioswales, dan atap hijau tidak hanya berfungsi untuk pengelolaan air hujan tetapi juga menciptakan ruang publik

yang dapat digunakan untuk rekreasi, meningkatkan estetika kota, dan memperkuat kohesi social (Wang *et al.*, 2020).

5. **Manfaat Ekonomi:** Penggunaan drainase berkelanjutan dapat mengurangi biaya yang terkait dengan pengelolaan air hujan dan pemulihan pasca-banjir. Dengan mengurangi risiko banjir dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air, sistem ini dapat menghasilkan penghematan ekonomi yang signifikan dalam jangka panjang. Selain itu, drainase berkelanjutan juga dapat meningkatkan nilai properti di kawasan perkotaan yang mengadopsinya (Zhanga, Wub and Tarollia, no date), (Crispo, 2021).
6. **Ketahanan Terhadap Perubahan Iklim:** Dalam menghadapi perubahan iklim yang semakin ekstrem, drainase berkelanjutan menawarkan solusi yang adaptif dan fleksibel. Dengan mengelola air hujan secara lebih alami dan terintegrasi, sistem ini membantu meningkatkan ketahanan lingkungan perkotaan terhadap kejadian cuaca ekstrem, seperti hujan lebat dan banjir bandang (Sharma *et al.*, 2016).

1.3 Prinsip-Prinsip Utama Drainase Berkelanjutan

Drainase berkelanjutan merupakan pendekatan yang menekankan pengelolaan air hujan secara komprehensif dan ramah lingkungan, dengan tujuan untuk meniru dan melestarikan siklus hidrologi alami di kawasan perkotaan. Sistem ini tidak hanya fokus pada pemindahan air hujan dari area terbangun, tetapi juga berusaha mengelola air secara lebih alami melalui serangkaian prinsip yang mendukung infiltrasi, retensi, pemurnian, dan penggunaan kembali air hujan. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai prinsip-prinsip utama drainase berkelanjutan.

1. **Pengurangan Aliran Puncak** Drainase berkelanjutan bertujuan untuk mengurangi aliran puncak air hujan yang masuk ke sistem

drainase. Metode seperti green roofs, bioretensi, dan kolam retensi digunakan untuk menahan dan menyerap air hujan, sehingga mengurangi risiko banjir dan erosi. Pengurangan aliran puncak ini mengurangi beban pada infrastruktur drainase dan mengurangi risiko kerusakan akibat banjir (Zaqout, 2022).

2. **Pengelolaan Kualitas Air** yang dialirkan ke badan air alami harus tetap terjaga atau bahkan ditingkatkan. Drainase berkelanjutan menggunakan pendekatan alami seperti bioretensi, lahan basah buatan, dan biofiltrasi untuk menyaring polutan dan mengurangi kontaminasi air hujan sebelum mencapai sungai atau laut (Fletcher *et al.*, 2015).
3. **Pengelolaan Kuantitas Air Drainase berkelanjutan** juga fokus pada pengelolaan kuantitas air yang mengalir ke saluran drainase. Sistem ini mengurangi volume air yang mengalir langsung ke saluran dengan meningkatkan infiltrasi ke tanah dan memanen air hujan untuk digunakan kembali. Teknik seperti perkerasan permeabel dan sumur resapan adalah contoh cara untuk mengelola kuantitas air (Hvitved-Jacobsen, Johansen and Yousef, 1994).
3. **Keberlanjutan Ekosistem Salah satu** tujuan utama drainase berkelanjutan adalah mempertahankan dan meningkatkan kesehatan ekosistem. Dengan menjaga kualitas air, mengurangi erosi, dan mempertahankan habitat alami, sistem ini mendukung keberlanjutan ekosistem lokal. Selain itu, integrasi dengan vegetasi asli membantu menjaga biodiversitas (Chocat *et al.*, 2001).
4. **Penggunaan Sumber Daya Secara Efisien Drainase** berkelanjutan mengedepankan penggunaan sumber daya secara efisien, baik dalam hal energi maupun material. Penggunaan material lokal, teknologi hijau, dan energi terbarukan menjadi bagian dari strategi ini untuk

memastikan keberlanjutan jangka Panjang (Ballard *et al.*, 2007).

- 5. Integrasi dengan Perencanaan Tata Ruang Sistem drainase berkelanjutan** harus diintegrasikan dengan perencanaan tata ruang dan pembangunan wilayah. Ini penting untuk memastikan bahwa sistem drainase dapat berfungsi secara optimal dan mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Integrasi ini memerlukan pendekatan multidisiplin yang melibatkan perencana kota, insinyur, dan arsitek lanskap (Scholz, 2018), (Mak, Scholz and James, 2017).

1.4 Teknologi dan Inovasi dalam Drainase Berkelanjutan

Drainase berkelanjutan menggabungkan berbagai teknik dan komponen untuk mengelola air hujan dengan cara yang meniru siklus hidrologi alami, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dan meningkatkan kualitas air.

- 1. *Green Roofs (Atap Hijau)*** Green roofs adalah atap yang ditanami dengan vegetasi yang dirancang untuk menyerap dan menahan air hujan, mengurangi limpasan, dan memberikan insulasi tambahan untuk bangunan. Atap hijau dapat menyerap air hujan, memperlambat laju aliran, dan mengurangi volume limpasan yang mencapai saluran drainase (Stovin, Vesuviano and Kasmin, 2012), (Berndtsson, Bengtsson and Jinno, 2009).
- 2. *Bioretention Cells (Sel Bioretensi)*** Sel bioretensi adalah area yang ditanami vegetasi, dengan lapisan tanah berstruktur dan media infiltrasi yang dirancang untuk menyaring dan menahan air hujan. Komponen ini efektif dalam menghilangkan polutan dari limpasan air hujan dan

meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah (Page *et al.*, 2015), (Davis *et al.*, 2009) .

3. **Permeable Pavements (Perkerasan Permeabel)** Permeable pavements memungkinkan air hujan untuk meresap ke dalam tanah melalui permukaan jalan yang berpori. Ini mengurangi aliran permukaan, mengisi kembali air tanah, dan mengurangi beban pada sistem drainase tradisional (Scholz, 2015), (Saeed *et al.*, 2024) .
4. **Constructed Wetlands (Lahan Basah Buatan)** Lahan basah buatan adalah area yang dirancang untuk meniru fungsi ekosistem lahan basah alami, yang mencakup pengendalian kualitas air, penyimpanan air, dan penyediaan habitat bagi satwa liar. Lahan basah buatan dapat menyaring nutrisi, sedimen, dan kontaminan lainnya dari limpasan air (Campisano *et al.*, 2017), (Ahiablame, Engel and Chaubey, 2012).
5. **Rainwater Harvesting Systems (Sistem Penangkapan Air Hujan)** Sistem ini dirancang untuk mengumpulkan dan menyimpan air hujan untuk digunakan kembali, seperti untuk irigasi atau kebutuhan domestik lainnya. Penangkapan air hujan membantu mengurangi volume air yang mengalir ke sistem drainase dan dapat mengurangi kebutuhan air dari sumber konvensional (Stovin, Vesuviano and Kasmin, 2012),
6. **Swales (Parit Bervegetasi)** Swales adalah saluran dangkal yang ditanami dengan vegetasi dan dirancang untuk mengangkut, menahan, dan menginfiltrasi air hujan. Parit ini memperlambat aliran air, mengurangi erosi, dan membantu menyaring polutan sebelum air mencapai badan air utama (Cotterill and Bracken, 2020) dan (Ridout, 2019).
7. **Detention and Retention Basins (Kolam Retensi dan Detensi)** Kolam ini dirancang untuk menahan air hujan sementara waktu sebelum dilepaskan secara terkendali ke

dalam sistem drainase. Kolam detensi menahan air hanya untuk sementara waktu selama hujan lebat, sedangkan kolam retensi menahan air secara permanen dan memungkinkan infiltrasi ke dalam tanah (Thorne, 2017), (Davis *et al.*, 2009).

1.5 Manajemen dan Pemeliharaan Sistem Drainase Berkelanjutan

Drainase berkelanjutan adalah salah satu komponen penting dalam pengelolaan air perkotaan yang dirancang untuk meniru siklus hidrologi alami, mengurangi limpasan air hujan, dan meningkatkan kualitas air. Untuk memastikan bahwa sistem drainase berkelanjutan berfungsi dengan optimal dan memberikan manfaat jangka panjang, manajemen dan pemeliharaan yang efektif adalah kunci. Manajemen dan pemeliharaan yang baik tidak hanya mempertahankan kinerja sistem tetapi juga memperpanjang umur operasionalnya dan meminimalkan biaya perbaikan di masa depan.

- 1. Perencanaan dan Desain Pemeliharaan;** Perencanaan pemeliharaan yang matang dimulai dari tahap desain sistem drainase berkelanjutan. Desain harus mempertimbangkan aksesibilitas untuk pemeliharaan, pilihan material yang tahan lama, serta pengaturan yang meminimalkan akumulasi sedimen dan sampah. Desain yang tepat juga akan mempertimbangkan kondisi lingkungan setempat, seperti curah hujan, jenis tanah, dan topografi, yang dapat mempengaruhi kebutuhan pemeliharaan. Dengan perencanaan yang baik, kebutuhan pemeliharaan rutin dapat diminimalkan, sementara akses untuk inspeksi dan pembersihan dapat dipermudah (Fletcher, Andrieu and Hamel, 2013).
- 2. Pemantauan dan Inspeksi Rutin** adalah komponen penting dalam manajemen drainase berkelanjutan. Inspeksi rutin

memungkinkan identifikasi dini masalah yang mungkin timbul, seperti penyumbatan, erosi, atau kerusakan infrastruktur. Teknologi sensor modern, termasuk Internet of Things (IoT), dapat digunakan untuk memantau parameter penting seperti laju aliran air, kualitas air, dan tingkat sedimentasi secara real-time. Data dari sensor ini dapat digunakan untuk mengatur jadwal pemeliharaan secara lebih efisien dan merespons masalah dengan cepat sebelum menyebabkan kerusakan yang lebih parah (Nwokediegwu *et al.*, 2024).

3. **Pembersihan dan Pengangkatan Sedimen;** Salah satu tugas pemeliharaan yang paling umum dalam sistem drainase berkelanjutan adalah pembersihan dan pengangkatan sedimen. Sedimen dan sampah yang terakumulasi di dalam sistem seperti bioswales, taman hujan, dan kolam retensi dapat mengurangi kapasitas sistem dan menghambat aliran air. Pembersihan rutin harus dilakukan untuk menghilangkan bahan-bahan ini dan memastikan sistem tetap berfungsi dengan baik. Frekuensi pembersihan tergantung pada kondisi setempat, seperti intensitas curah hujan dan kadar polutan di daerah tersebut (Wang *et al.*, 2020).
4. **Pemeliharaan Vegetasi** Vegetasi memainkan peran penting dalam banyak komponen drainase berkelanjutan, seperti bioswales dan taman hujan. Pemeliharaan vegetasi meliputi pemangkasan, penyiangan, penggantian tanaman mati, dan pengelolaan hama. Tanaman harus dipilih berdasarkan kemampuan mereka untuk bertahan dalam kondisi lokal dan kapasitas mereka untuk membantu dalam pemurnian air. Tanaman yang sehat dan tumbuh dengan baik dapat meningkatkan efektivitas sistem dalam menyerap air hujan,

mengurangi limpasan, dan menyaring polutan (Nwokediegwu *et al.*, 2024).

5. **Pengelolaan Sampah dan Penyumbatan;** Penyumbatan oleh sampah adalah salah satu masalah paling umum dalam sistem drainase, baik itu drainase konvensional maupun berkelanjutan. Manajemen sampah yang efektif, seperti pengangkatan sampah secara rutin dan instalasi penahan sampah di titik masuk air, dapat membantu mencegah penyumbatan. Selain itu, edukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan juga penting untuk mengurangi jumlah sampah yang masuk ke sistem drainase (Fu, Hopton and Wang, 2021).
6. **Evaluasi Kinerja dan Penyesuaian Sistem;** Evaluasi kinerja secara berkala diperlukan untuk menilai apakah sistem drainase berkelanjutan berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Evaluasi ini mencakup analisis efektivitas sistem dalam mengelola limpasan air, meningkatkan kualitas air, dan mendukung tujuan ekologis. Berdasarkan hasil evaluasi, penyesuaian pada sistem, seperti perubahan dalam jadwal pemeliharaan, penambahan kapasitas retensi, atau modifikasi desain, mungkin diperlukan untuk mengatasi masalah yang teridentifikasi atau untuk meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan (Berndtsson, 2010).
7. **Pelatihan dan Kapasitas Sumber Daya Manusia;** Sistem drainase berkelanjutan memerlukan pemahaman teknis yang baik untuk pemeliharaan yang efektif. Oleh karena itu, pelatihan untuk personel pemeliharaan sangat penting. Pelatihan ini harus mencakup teknik-teknik pemeliharaan, penggunaan peralatan pemantauan, serta pemahaman tentang fungsi ekologis dari sistem yang dikelola. Pelatihan yang baik akan memastikan bahwa personel dapat

menjalankan tugas mereka secara efektif dan responsif terhadap perubahan kondisi system (Sun *et al.*, 2022).

1.6 Studi Kasus dan Implementasi Drainase Berkelanjutan

Di Indonesia, peningkatan urbanisasi dan perubahan iklim telah meningkatkan risiko banjir di berbagai kota besar. Sustainable Drainage Systems (SuDS) atau Drainase Berkelanjutan menjadi salah satu solusi yang diterapkan untuk mengelola air hujan secara efisien, mengurangi genangan, dan memperbaiki kualitas air. Berikut adalah tiga studi kasus implementasi SuDS di Indonesia yang menunjukkan hasil positif namun juga menghadapi berbagai tantangan.

Studi Kasus 1: Implementasi SuDS di Kota Bandung Kota Bandung telah mengadopsi konsep SuDS sebagai bagian dari strategi pengelolaan air hujan untuk mengurangi risiko banjir. Salah satu bentuk implementasi SuDS di Bandung adalah penggunaan sistem resapan air hujan yang memanfaatkan ruang terbuka hijau di sekitar permukiman. Studi menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi volume air yang mengalir ke sistem drainase kota, namun masih terdapat kendala dalam hal pemeliharaan dan keterbatasan lahan yang tersedia untuk implementasi lebih luas (Cotterill and Bracken, 2020).

Studi Kasus 2: Penggunaan Bioretention di Jakarta Jakarta, sebagai kota dengan tingkat urbanisasi yang sangat tinggi, telah menerapkan sistem bioretention sebagai bagian dari upaya mengurangi genangan dan meningkatkan infiltrasi air hujan. Implementasi bioretention di beberapa area perkotaan menunjukkan keberhasilan dalam mengurangi beban pada sistem drainase konvensional. Namun, tantangan dalam hal pemeliharaan dan kurangnya partisipasi masyarakat menjadi

hambatan utama dalam keberlanjutan sistem ini (Davis and Naumann, 2017).

Studi Kasus 3: Penerapan Permeable Pavement di Surabaya Surabaya telah mengimplementasikan permeable pavement di beberapa kawasan sebagai solusi untuk mengurangi genangan air dan meningkatkan penyerapan air tanah. Studi menunjukkan bahwa permeable pavement efektif dalam mengurangi aliran permukaan dan memperbaiki kualitas air tanah. Namun, biaya instalasi yang tinggi dan kebutuhan akan pemeliharaan rutin menjadi tantangan yang perlu diatasi untuk keberlanjutan jangka Panjang (Thodesen, Time and Kvande, 2022).

Studi Kasus 4: Kota Singapura Singapura, dengan luas lahan yang terbatas dan curah hujan yang tinggi, telah mengadopsi konsep drainase berkelanjutan melalui program "Active, Beautiful, Clean Waters" (ABC Waters). Program ini mempromosikan penggunaan danau buatan, kolam retensi, dan saluran air yang ditanami vegetasi untuk mengelola air hujan. Salah satu proyek unggulan adalah di Bishan-Ang Mo Kio Park, di mana sungai kanal beton diubah menjadi sungai alami yang mampu menampung limpasan air hujan, mengurangi risiko banjir, dan meningkatkan kualitas air.

Transformasi sungai di Bishan-Ang Mo Kio Park telah mengurangi risiko banjir di daerah tersebut dan menciptakan ruang rekreasi yang indah bagi penduduk Singapura. Program ABC Waters juga berhasil meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan air yang berkelanjutan dan partisipasi aktif dalam menjaga lingkungan air kota (Tan *et al.*, 2021).

Studi Kasus 5: Kota Melbourne, Australia ; Melbourne adalah kota yang juga telah mengadopsi konsep drainase berkelanjutan melalui program "Water Sensitive Urban Design" (WSUD). Program ini mempromosikan penggunaan infrastruktur hijau seperti bioswales, taman hujan, dan atap hijau untuk mengelola air hujan di sumbernya. Salah satu contoh penerapan WSUD di Melbourne

adalah di kawasan Doncaster Hill, di mana sistem bioretensi dan kolam retensi digunakan untuk mengelola limpasan air hujan dan memperbaiki kualitas air sebelum memasuki sungai Yarra. Hasil dari implementasi WSUD di Melbourne menunjukkan penurunan signifikan dalam jumlah limpasan air hujan dan peningkatan kualitas air sungai Yarra. Selain itu, pendekatan ini juga membantu meningkatkan keindahan kota, menciptakan ruang hijau tambahan, dan menyediakan habitat bagi satwa liar perkotaan (Davis and Naumann, 2017).

Studi Kasus 6: Kota Copenhagen, Denmark; Copenhagen telah menghadapi tantangan besar terkait perubahan iklim, terutama risiko banjir akibat hujan ekstrem dan kenaikan permukaan air laut. Untuk mengatasi hal ini, kota ini mengembangkan rencana drainase berkelanjutan yang dikenal sebagai "Copenhagen Cloudburst Plan." Rencana ini mencakup berbagai solusi, termasuk pembangunan kolam retensi, kanal air hujan, dan sistem perkerasan berpori untuk menampung air hujan selama periode curah hujan tinggi. Salah satu elemen utama dari rencana ini adalah penggunaan jalan-jalan kota sebagai koridor air hujan sementara, di mana air dialirkan ke kolam retensi atau kanal tanpa membanjiri permukiman. Implementasi dari rencana ini telah menunjukkan bahwa kota dapat mengelola hujan ekstrem dengan lebih baik, mengurangi risiko banjir, dan memperkuat infrastruktur perkotaan terhadap perubahan iklim (Arnbjerg-Nielsen, Leonardsen and Madsen, 2015).

Studi Kasus 7 : Kota Portland, Oregon, Amerika Serikat; Kota Portland dikenal sebagai salah satu pionir dalam penerapan drainase berkelanjutan di Amerika Serikat. Sejak tahun 1990-an, Portland telah mengembangkan program "Green Streets" yang bertujuan untuk mengurangi limpasan air hujan dan memperbaiki kualitas air melalui penggunaan infrastruktur hijau. Program ini melibatkan instalasi bioswales, taman hujan, dan perkerasan berpori di sepanjang jalan-jalan kota. Infrastruktur hijau ini

dirancang untuk menangkap dan memurnikan air hujan sebelum dilepaskan ke sistem drainase atau sungai. Hasil dari program ini menunjukkan pengurangan signifikan dalam volume limpasan air hujan, penurunan tingkat polusi di sungai-sungai sekitar, dan peningkatan kualitas air tanah. Program "Green Streets" juga berhasil meningkatkan keanekaragaman hayati perkotaan dan menyediakan ruang hijau tambahan bagi penduduk kota (Berland *et al.*, 2017).

1.7 Kebijakan dan Regulasi yang Mendukung Drainase Berkelanjutan

Drainase berkelanjutan menjadi semakin penting di tengah meningkatnya urbanisasi dan perubahan iklim yang menyebabkan tingginya risiko banjir dan penurunan kualitas air. Untuk memastikan implementasi yang efektif, kebijakan dan regulasi yang mendukung drainase berkelanjutan harus ada. Regulasi ini tidak hanya menyediakan kerangka kerja hukum tetapi juga mendorong inovasi dan pelaksanaan praktik terbaik dalam pengelolaan air hujan di perkotaan

1. Regulasi Pembangunan Berkelanjutan; Salah satu elemen kunci dalam mendukung drainase berkelanjutan adalah regulasi pembangunan yang mengintegrasikan prinsip-prinsip berkelanjutan dalam desain dan konstruksi infrastruktur perkotaan. Di banyak negara maju, regulasi ini mencakup persyaratan bagi pengembang untuk mengadopsi teknologi hijau seperti perkerasan berpori, taman hujan, dan bioswales dalam proyek-proyek mereka. Sebagai contoh, di Amerika Serikat, Badan Perlindungan Lingkungan (EPA) telah menerapkan pedoman yang mewajibkan penggunaan teknik Pengembangan Dampak Rendah (Low Impact Development - LID) dalam proyek-proyek pembangunan baru dan renovasi, yang bertujuan untuk mengurangi

limpasan air hujan dan memperbaiki kualitas air (EPA, 2017).

2. **Peraturan Zonasi dan Tata Guna Lahan;** Peraturan zonasi dan tata guna lahan memainkan peran penting dalam pengelolaan drainase berkelanjutan. Peraturan ini dapat mendorong pemanfaatan infrastruktur hijau di area tertentu, seperti menetapkan zona hijau yang berfungsi sebagai daerah resapan air atau mengharuskan penggunaan atap hijau di bangunan komersial dan perumahan. Di Singapura, misalnya, Program Air Bersih, Indah, dan Aktif (Active, Beautiful, Clean Waters - ABC Waters) menetapkan pedoman tata guna lahan yang mengintegrasikan fitur-fitur drainase berkelanjutan dalam rencana pengembangan lahan (Chew et al., 2018).
3. **Inisiatif dan Insentif Pemerintah;** Pemerintah di berbagai negara telah meluncurkan inisiatif dan memberikan insentif untuk mendorong adopsi drainase berkelanjutan. Insentif ini bisa berupa potongan pajak, hibah, atau subsidi untuk pengembang yang mengimplementasikan teknologi drainase berkelanjutan dalam proyek mereka. Misalnya, di Eropa, beberapa negara menawarkan insentif finansial bagi proyek-proyek yang memenuhi standar drainase berkelanjutan, yang bertujuan untuk mengurangi risiko banjir dan memperbaiki kualitas air secara keseluruhan (Cettner et al., 2014).
4. **Standar Kualitas Air dan Pengelolaan Limpasan;** Standar kualitas air yang ketat juga mendukung implementasi drainase berkelanjutan. Regulasi ini biasanya mengharuskan pengelolaan air hujan untuk memenuhi standar kualitas tertentu sebelum dilepaskan ke badan air alami. Di Australia, standar pengelolaan air hujan yang diterapkan melalui kerangka kerja Water Sensitive Urban Design (WSUD)

mewajibkan penggunaan sistem yang mampu menyaring dan memurnikan air hujan sebelum dilepaskan, memastikan bahwa polutan seperti logam berat dan nutrisi tidak mencemari sungai dan danau (Wong & Brown, 2009).

5. **Peraturan Lingkungan dan Perlindungan Habitat;** Peraturan yang berfokus pada perlindungan lingkungan dan habitat alami juga berperan dalam mendukung drainase berkelanjutan. Ini termasuk undang-undang yang melarang pembangunan di area sensitif seperti lahan basah, yang berfungsi sebagai sistem penahan air alami. Selain itu, peraturan ini dapat mendorong restorasi dan konservasi habitat alami sebagai bagian dari proyek drainase berkelanjutan, seperti yang terlihat dalam kebijakan di banyak negara Eropa yang mendorong restorasi sungai sebagai strategi pengelolaan banjir alami (Pittock & Finlayson, 2011).
6. **Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat;** Selain regulasi, pendidikan dan kesadaran masyarakat juga penting dalam mendukung drainase berkelanjutan. Pemerintah dan lembaga swadaya masyarakat sering kali meluncurkan kampanye kesadaran yang bertujuan untuk mengedukasi masyarakat tentang pentingnya pengelolaan air hujan yang berkelanjutan dan cara-cara untuk berpartisipasi. Program-program ini membantu menciptakan dukungan publik yang lebih luas untuk kebijakan dan inisiatif drainase berkelanjutan (Eckart et al., 2017).
7. **Kerjasama Internasional dan Best Practices;** Kerjasama internasional juga menjadi kunci dalam mendukung drainase berkelanjutan. Negara-negara sering berbagi best practices dan inovasi melalui forum-forum internasional, yang membantu mempercepat adopsi teknologi dan kebijakan baru. Misalnya, Uni Eropa telah mendorong implementasi

kebijakan drainase berkelanjutan melalui direktif seperti Urban Waste Water Treatment Directive, yang menetapkan standar pengelolaan air hujan dan limpasan untuk negara-negara anggotanya (European Commission, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahiablame, L. M., Engel, B. A. and Chaubey, I. (2012) 'Effectiveness of low impact development practices: literature review and suggestions for future research', *Water, Air, & Soil Pollution*, 223, pp. 4253–4273.
- An, M. *et al.* (2023) 'Evaluate cities' urban water resources system resilience along a river and identify its critical driving factors', *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), pp. 16355–16371.
- Arnbjerg-Nielsen, K., Leonardsen, L. and Madsen, H. (2015) 'Evaluating adaptation options for urban flooding based on new high-end emission scenario regional climate model simulations', *Climate Research*, 64(1), pp. 73–84.
- Ballard, B. W. *et al.* (2007) 'Site handbook for the construction of SUDS', *London: Classic House*.
- Berland, A. *et al.* (2017) 'The role of trees in urban stormwater management', *Landscape and urban planning*, 162, pp. 167–177.
- Berndtsson, J. C. (2010) 'Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review', *Ecological engineering*, 36(4), pp. 351–360.
- Berndtsson, J. C., Bengtsson, L. and Jinno, K. (2009) 'Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs', *Ecological engineering*, 35(3), pp. 369–380.
- Campisano, A. *et al.* (2017) 'Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives', *Water research*, 115, pp. 195–209.
- Cao, Q., Cao, J. and Xu, R. (2023) 'Optimizing low impact development for stormwater runoff treatment: A case study in Yixing, China', *Water*, 15(5), p. 989.
- Chen, W. *et al.* (2021) 'The capacity of grey infrastructure in urban

- flood management: A comprehensive analysis of grey infrastructure and the green-grey approach', *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 54, p. 102045.
- Chocat, B. *et al.* (2001) 'Urban drainage redefined: from stormwater removal to integrated management', *Water Science and Technology*, 43(5), pp. 61–68.
- Cotterill, S. and Bracken, L. J. (2020) 'Assessing the effectiveness of sustainable drainage systems (SuDS): interventions, impacts and challenges', *Water*, 12(11), p. 3160.
- Crispo, M. (2021) 'Black carbon influence on urban soil ecosystem services: from its contribution to the soil carbon cycle to its role in mitigating the risks of heavy metals exposure into urban horticulture produce'. University of Sheffield.
- Davis, A. P. *et al.* (2009) 'Bioretention technology: Overview of current practice and future needs', *Journal of environmental engineering*, 135(3), pp. 109–117.
- Davis, M. and Naumann, S. (2017) 'Making the case for sustainable urban drainage systems as a nature-based solution to urban flooding', *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice*, pp. 123–137.
- Fletcher, T. D. *et al.* (2015) 'SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage', *Urban water journal*, 12(7), pp. 525–542.
- Fletcher, T. D., Andrieu, H. and Hamel, P. (2013) 'Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art', *Advances in water resources*, 51, pp. 261–279.
- Fu, X., Hopton, M. E. and Wang, X. (2021) 'Assessment of green infrastructure performance through an urban resilience lens', *Journal of cleaner production*, 289, p. 125146.

- Hoang, L. and Fenner, R. A. (2016) 'System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green infrastructure', *Urban Water Journal*, 13(7), pp. 739–758.
- Hvitved-Jacobsen, T., Johansen, N. B. and Yousef, Y. A. (1994) 'Treatment systems for urban and highway run-off in Denmark', *Science of the Total Environment*, 146, pp. 499–506.
- Li, H. *et al.* (2017) 'Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities', *Water*, 9(9), p. 594.
- Mak, C., Scholz, M. and James, P. (2017) 'Sustainable drainage system site assessment method using urban ecosystem services', *Urban ecosystems*, 20, pp. 293–307.
- Nwokediegwu, Z. Q. S. *et al.* (2024) 'Urban water management: a review of sustainable practices in the USA', *Engineering Science & Technology Journal*, 5(2), pp. 517–530.
- Page, J. L. *et al.* (2015) 'Retrofitting residential streets with stormwater control measures over sandy soils for water quality improvement at the catchment scale', *Journal of Environmental Engineering*, 141(4), p. 4014076.
- Ridout, D. (2019) 'Water butts as sustainable (urban) drainage systems (SuDS) devices'.
- Saeed, M. *et al.* (2024) 'Sustainable selection of microwave absorbing materials: A green evaluation under interval-valued intuitionistic fuzzy environment', *Cleaner Materials*, 11, p. 100236.
- Saidah, H. *et al.* (2021) 'Drainase Perkotaan', *Yayasan Kita Menulis*.
- Scholz, M. (2015) 'Sustainable drainage systems', *Water*. MDPI, pp. 2272–2274.
- Scholz, M. (2018) *Sustainable water treatment: engineering solutions for a variable climate*. Elsevier.

- Sharma, A. K. *et al.* (2016) 'Water sensitive urban design: An investigation of current systems, implementation drivers, community perceptions and potential to supplement urban water services', *Water*, 8(7), p. 272.
- Stovin, V., Vesuviano, G. and Kasmin, H. (2012) 'The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions', *Journal of hydrology*, 414, pp. 148–161.
- Sun, H. *et al.* (2022) 'The Multi-Objective Optimization of Low-Impact Development Facilities in Shallow Mountainous Areas Using Genetic Algorithms', *Water*, 14(19), p. 2986.
- Tan, B. A. *et al.* (2021) 'Nature-based solutions for urban sustainability: An ecosystem services assessment of plans for Singapore's first "forest town"', *Frontiers in Environmental Science*, 9, p. 610155.
- Thodesen, B., Time, B. and Kvande, T. (2022) 'Sustainable Urban Drainage Systems: Themes of Public Perception—A Case Study', *Land*, 11(4), p. 589.
- Thorne, C. (2017) 'Recognising barriers to implementation of Blue-Green Infrastructure: a Newcastle case study'.
- Wang, J. *et al.* (2020) 'Approaches to multi-objective optimization and assessment of green infrastructure and their multi-functional effectiveness: a review', *Water*, 12(10), p. 2714.
- Wang, W. and Wang, S. (2024) 'Sustainable Stormwater Management for Different Types of Water-Scarce Cities: Environmental Policy Effect of Sponge City Projects in China', *Sustainability*, 16(13), p. 5685.
- Zaqout, T. (2022) 'Hydrologic performance of sustainable urban drainage systems in cold maritime climates'.
- Zhanga, Q., Wub, Z. and Tarollia, P. (no date) '5. Investigating the Role of Green Infrastructure on Urban Waterlogging: Evidence from Metropolitan Coastal Cities4', *The complex mechanism of urban waterlogging and the mitigation effect*

provided by urban green infrastructure in metropolitan coastal cities, p. 183.

Zhi, X. *et al.* (2022) 'Integrating cost-effectiveness optimization and robustness analysis for low impact development practices design', *Resources, Conservation and Recycling*, 185, p. 106491.

BAB 2

KONSEP-KONSEP DRAINASE YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN

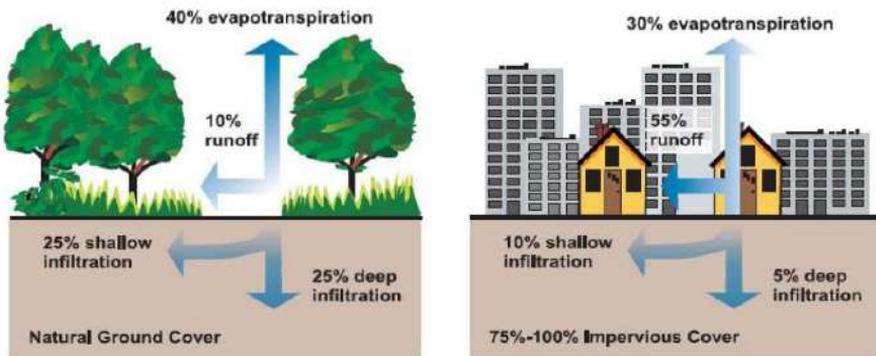
Oleh Amalia Nurdin

2.1 Pendahuluan

Sistem drainase terdiri dari dua yaitu drainase konvensional dan drainase berwawasan lingkungan. Drainase konvensional merupakan sistem lama dimana sistem drainase ini digunakan untuk mengalirkan air secepat mungkin tanpa harus melalui proses apapun dan langsung terbuang ke badan air sedangkan sistem saluran drainase berwawasan lingkungan dengan nama lain eco drainase atau drainase berkelanjutan sistem drainase yang digunakan untuk mengelola air yang berlebih, baik dengan cara meresapkan, menampung, memelihara dan mengalirkan. Dengan adanya sistem eco drainase maka air yang mengalir akan di proses terlebih dahulu sebelum diteruskan pada saluran drainase atau badan air agar tidak menyebabkan banjir maupun kerusakan terhadap lingkungan dan bahkan diupayakan sistem drainase ini dapat mereduksi air limpasan hingga mencapai 0% atau zero runoff (Sarbidi, 2014).

Konsep drainase ini diupayakan melakukan pendekatan terhadap pengelolaan air hujan limpasan yang mempertimbangkan dampak lingkungan dan bertujuan untuk mendukung ekosistem alami. Konsep ini menjadi semakin penting seiring dengan meningkatnya kesadaran akan perlindungan lingkungan dan perubahan iklim. Peneliti dari Amerika Serikat mengungkapkan hasil penelitian mereka bahwa konversi lahan alami menjadi area infrastruktur meningkatkan limpasan air hingga 11 kali lipat dari

sebelumnya dan mengurangi kapasitas penyerapan hingga 70%. Konsep ini juga disebut Sustainable Urban Drainage System (SUDS) yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas air buangan sebelum dikembalikan ke alam dan memperbesar kemampuan resapan permukaan, tanpa berdampak negatif pada air tanah yang merupakan cadangan air bersih yang perlu dilestarikan. (Harmani and Soemantoro, 2017).



Gambar 2.1. Perbandingan penggunaan SUDS dan Non SUDS
(Sumber : Harmani and Soemantoro, 2017)

2.2 Konsep Drainase Berwawasan Lingkungan

Pada umumnya konsep drainase ini dipengaruhi oleh beberapa kondisi diantaranya tataguna lahan pada lokasi setempat, hidrologi, geologi, topografi, dan termasuk kondisi drainase eksisting. Ada beberapa konsep dasar untuk membuat suatu drainase berwawasan lingkungan diantaranya:

2.2.1 Penggunaan Vegetasi dan Ruang Hijau

Penanaman vegetasi di sepanjang saluran drainase, tepi jalan, dan ruang terbuka hijau dapat membantu memperlambat aliran air, meningkatkan infiltrasi, dan menyaring kontaminan. Ruang hijau ini juga berfungsi sebagai habitat bagi satwa liar.

Kehadiran vegetasi dan ruang terbuka hijau berdampak pada volume limpasan air, di mana setiap hektar mampu menyimpan sekitar 900 m³ air tanah per tahun atau setara dengan

0,0000285 m³/detik. Untuk ruang terbuka hijau yang ditanami berbagai jenis tumbuhan, seperti bambu, jati, nangka, kedelai, jagung, dan rumput, kemampuan penyerapan air masing-masing mencapai 90%, 80%, 50%, 35%, 30%, dan 5%. (Sedyowati and Suhartanto, 2015).

2.2.2 Permeable Pavement

Konsep ini merupakan salah satu konsep utama memaksimalkan infiltrasi air hujan ke dalam tanah, mengganti permukaan yang tidak permeabel (seperti aspal atau beton) dengan material yang permeabel sehingga mengurangi limpasan permukaan dan membantu mengisi ulang air tanah. Saat ini ruang terbuka hijau semakin berkurang akibat bertambahnya jumlah pemukiman, perkantoran, tumbuhnya industri yang semakin pesat sehingga limpasan air yang ada tidak memiliki tempat untuk bisa masuk ke dalam tanah.

Pada konsep ini dilakukan melalui penggunaan permukaan yang permeabel, seperti paving block, konsep ini menggunakan bahan konstruksi khusus yang memungkinkan air hujan meresap ke dalam tanah melalui celah-celah di antara blok atau melalui pori-pori material itu sendiri.

Salah satu sistem permeable pavement dengan tiga lapisan utama adalah sistem paving block beton berpori, yang terdiri dari permeable concrete paving block, open graded base (OGB), dan lapisan bedding. Sistem ini berfungsi untuk mengurangi kemungkinan genangan air pada permukaan padat seperti jalan dan area parkir, sekaligus meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah. (Ulfiana *et al.*, 2022)

Dengan menerapkan konsep paving block untuk peresapan air tanah ini, kita dapat secara signifikan mengurangi dampak negatif dari urbanisasi terhadap siklus hidrologi alami, seperti berkurangnya pengisian air tanah dan meningkatnya risiko

banjir. Paving block permeabel menawarkan solusi yang ramah lingkungan dan efektif dalam pengelolaan air hujan, terutama di daerah perkotaan.



Gambar 2.2. Permeable Pavement
(Sumber : Meliala, L. 2024)

2.2.3 Pemanfaatan Kolam Retensi dan Detensi

Kolam retensi dan kolam detensi adalah dua jenis infrastruktur yang digunakan dalam pengelolaan air hujan, terutama di daerah perkotaan. Keduanya berfungsi untuk mengontrol aliran air hujan dan mengurangi risiko banjir, tetapi mereka berbeda dalam cara mereka menyimpan dan mengelola air.

1. Kolam Retensi

Kolam retensi dibangun untuk menampung air banjir sementara dan kemudain melepaskannya setelah puncak banjir berlalu. Selain itu, kolam retensi juga berfungsi sebagai area konservasi. Dalam konsep drainase berkelanjutan, fokus utama adalah mengelola limpasan permukaan dengan membangun fasilitas penampungan air hujan (*rainfall retention facilities*). Berdasarkan fungsinya, fasilitas ini terbagi menjadi dua jenis: tipe penyimpanan (*storage types*) dan tipe peresapan (*infiltration types*). Kolam retensi menggabungkan kedua fungsi ini, menjadikannya solusi utama dalam pengendalian banjir.

Sebagai fasilitas penyimpanan, kolam retensi mampu menampung limpasan air hujan dalam jumlah besar, sehingga sangat efektif dalam pengendalian banjir dengan tingkat keandalan dan keamanan yang tinggi. Hal ini membantu meminimalkan genangan dan banjir dari daerah hulu. Kolam retensi juga berperan sebagai fasilitas resapan yang dapat menjaga elevasi dan kualitas air tanah. Kolam ini membantu mengendalikan debit puncak dan waktu penyelesaian aliran dengan mengurangi debit puncak banjir, sehingga efektif dalam mengurangi dampak banjir.. (Harmani and Soemantoro, 2017).



Gambar 2.3. Kolam Retensi
(Sumber : Andriyawan, D. 2020)

2. Kolam Detensi

Kolam detensi merupakan kolam yang dirancang untuk menampung air hujan sementara, dengan tujuan untuk mengendalikan aliran air selama periode puncak hujan. Air dalam kolam detensi biasanya dilepaskan secara bertahap ke sistem drainase atau sungai setelah puncak hujan berlalu.



Gambar 2.4. Kolam Detensi
(Sumber : Afa Channel, 2020)

Kolam detensi memiliki beberapa fungsi diantaranya yaitu :

- 1. Pengendalian Banjir:** Kolam detensi menampung air hujan atau limpasan dari area sekitarnya selama periode hujan lebat dengan menahan air sementara waktu, kolam detensi mengurangi puncak aliran air yang bisa menyebabkan banjir di daerah hilir.
- 2. Pengaturan Aliran Air:** Air yang terkumpul di kolam detensi dilepaskan secara `perlahan ke dalam sistem drainase, sungai, atau tanah. Ini membantu mencegah kelebihan beban pada sistem drainase dan meminimalkan risiko erosi serta kerusakan lingkungan di area hilir.
- 3. Pengendalian Polusi:** Kolam detensi juga berfungsi sebagai tempat pengendapan sedimen dan polutan yang terbawa oleh limpasan air hujan. Air yang dilepaskan dari kolam detensi umumnya lebih bersih, sehingga membantu menjaga kualitas air di sungai atau danau.

4. **Penambahan Infiltrasi Air Tanah:** Dalam beberapa kasus, kolam detensi dapat membantu meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah, sehingga membantu mengisi kembali cadangan air tanah dan mengurangi risiko kekeringan.
5. **Pengurangan Dampak Urbanisasi:** Di daerah perkotaan, di mana banyak permukaan tidak dapat menyerap air (seperti jalan aspal dan bangunan), kolam detensi membantu meniru kondisi aliran alami dengan menahan dan mengatur aliran air.
6. **Konservasi Ruang Hijau:** Kolam detensi sering dirancang sebagai bagian dari ruang hijau atau taman kota, yang selain berfungsi teknis, juga mempercantik lingkungan dan menyediakan habitat bagi flora dan fauna lokal.

Perbedaan dari kolam retensi dan detensi yaitu kolam kolam retensi berfokus pada penyimpanan jangka panjang dan pengendalian aliran air dengan kapasitas yang lebih besar, sedangkan kolam detensi berfokus pada penahanan jangka pendek untuk mengurangi puncak aliran air dan memiliki kapasitas yang lebih kecil. Keduanya memainkan peran penting dalam pengelolaan air hujan dan pengendalian banjir, tetapi desain dan fungsi mereka disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari sistem drainase yang diatur.

2.2.4 Bio-retensi

Bio-retensi adalah konsep di mana air hujan diarahkan ke area dengan vegetasi, seperti taman hujan atau rain garden yang dirancang untuk menyerap air. Tanaman dan media tanah di area ini berfungsi untuk menyaring polutan dan mengurangi volume air yang harus dialirkan ke sistem drainase. Bioretensi adalah metode pengelolaan air hujan yang memanfaatkan proses hidrologis, kimia, fisik, dan biologis dari tanaman, tanah, dan

mikroorganisme untuk mengurangi volume dan aliran puncak limpasan serta menghilangkan polutan dari air hujan. Bioretensi termasuk dalam Infrastruktur Hijau (Green Infrastructure) yang menangani limpasan perkotaan di titik sumbernya. Teknologi GI membantu mengelola volume limpasan, aliran puncak, dan waktu aliran puncak di perkotaan secara konsisten dengan menggunakan teknik infiltrasi, retensi, penyimpanan, dan manajemen air hujan lainnya. Sistem bioretensi bisa berbentuk bak bioretensi atau sengkedan bioretensi yang lebih panjang dan sempit, di mana bak bioretensi memiliki dasar datar, sementara sengkedan bioretensi bisa memiliki dasar miring. Kedalaman penyimpanan air limpasan di atas permukaan lapisan tanah umumnya dangkal. Sistem ini mampu menghilangkan 80-90% Total Suspended Solids (TSS), bergantung pada ketebalan media tanam dan jenis vegetasi yang digunakan. Media tanam menjadi faktor utama dalam desain bioretensi, dengan kriteria pemilihan yang berfokus pada peningkatan pengurangan limpasan dan efisiensi penyaringan. Idealnya, media bioretensi mengandung sekitar 50-60% pasir dan 40-50% campuran lempung/lempung pasir, dengan kandungan tanah liat minimal untuk menjaga hidrologi sel yang tepat, berkisar antara 5-8%. Kandungan tanah liat yang terlalu tinggi dapat menghambat infiltrasi ke dalam media. Sistem bioretensi merupakan sistem pengelolaan air hujan tradisional yang mudah dirawat dan diawasi serta tidak memerlukan pedoman khusus. Sebagai fasilitas pengelolaan air hujan di perkotaan dengan dampak rendah (Low Impact Development), bioretensi menawarkan retensi air dan konversi polutan dengan meniru fungsi alami tanah. Sistem bioretensi terdiri dari beberapa tipe, yaitu:

1. Cekungan Bioretensi (*Bioretention Basins*)

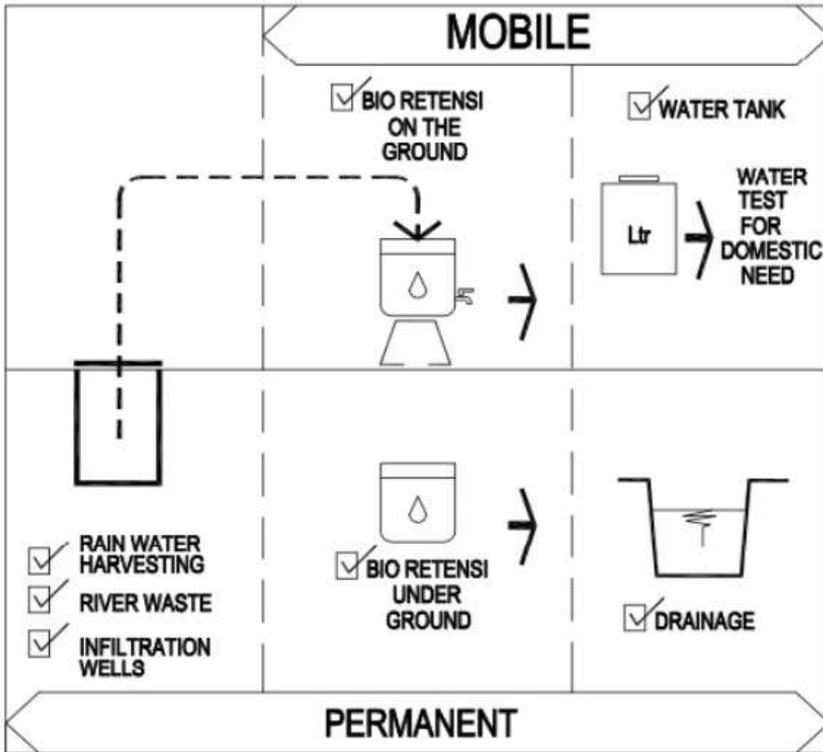
Cekungan Bioretensi adalah area bervegetasi berbentuk cekungan, di mana limpasan air disaring melalui lapisan media filter (misalnya, pasir lempung) dan

kemudian meresap ke bawah. Air ini selanjutnya dikumpulkan melalui pipa saluran air berlubang (*perforated pipes*) dan dialirkan ke saluran hilir atau bisa juga ditampung untuk keperluan lebih lanjut setelah melalui proses tambahan. *Best Management Practices* (BMP) atau *Low Impact Development* (LID) mengandalkan strategi desentralisasi yang bertujuan mengembalikan fitur hidrologis pra-pengembangan dengan menahan dan menangani limpasan yang tercemar langsung dari sumbernya.

2. Sengkedan Bioretensi (*Bioretention Swales*)

Sengkedan Bioretensi adalah area vegetasi berbentuk saluran terbuka yang berfungsi untuk mengelola dan mengalirkan air hujan. Sistem ini memadukan komponen bioretensi yang dipasang di dasar sengkedan untuk mengalirkan air hujan sebagai bagian dari sistem drainase yang dapat berukuran kecil maupun besar.

Terdapat dua jenis Bioretensi Bucket yang dibuat, yaitu tipe fleksibel (*moveable/dapat dipindahkan*) dan tipe permanen/tanam di bawah tanah.



Gambar 2.5. Skematik Desain Bioretensi Bucket Permanen dan Moveable (sumber: Lestari, A. et all 2021)

Bioretensi Bucket dibuat dari jerigen bekas berkapasitas 20 liter, dengan bagian atas dipotong sehingga berbentuk ember kotak berdimensi panjang 27 cm, lebar 23 cm, dan tinggi 37 cm. Di bagian bawah terdapat bukaan yang terhubung ke keran atau pipa untuk mengalirkan air yang telah melewati sistem bioretensi. Keran dan pipa berfungsi untuk mengukur aliran serta mengambil sampel air setelah penyaringan. Air dialirkan ke dalam Bioretensi Bucket melalui pipa berdiameter 3 inci yang tersambung dengan elbow/socket dan diteruskan dengan pipa $\frac{3}{4}$ inci sebagai saluran masuk.

Komposisi dari tiap Bioretensi Bucket adalah sebagai berikut:

1. **Bioretensi Bucket I:** kerikil 1 kg (10 cm), ijuk 5 cm, pasir kuarsa 2 kg (5 cm), tanah humus 5 kg (17 cm), tanaman kering 5 cm, vegetasi.
2. **Bioretensi Bucket II:** kerikil 1 kg (10 cm), ijuk 5 cm, pasir kuarsa 5 kg, tanah humus 5 kg, tanaman kering 5 cm, vegetasi.
3. **Bioretensi Bucket III:** tanah 20 kg, tanaman kering 5 cm, vegetasi.

Sistem Bioretensi ini merupakan teknologi tepat guna yang memanfaatkan sumber daya lokal dan tidak menggunakan bahan kimia dalam bentuk cair maupun padat. Teknologi ini mudah diakses dan terjangkau karena menggunakan bahan yang sederhana serta sesuai dengan kondisi sosial ekonomi setempat. Teknologi Bioretensi efektif dalam memenuhi kebutuhan akan air bersih, yang semakin langka, dan dapat diterapkan serta dipelajari dengan mudah oleh masyarakat di Indonesia. Sistem ini juga dapat dihubungkan dengan talang air, yang memungkinkan air hujan mengalir langsung ke dalam bioretensi bucket.

2.2.5 Rain garden

Rain garden merupakan suatu konsep pengelolaan air hujan yang dirancang untuk mengelola aliran air hujan dengan cara yang ramah lingkungan, mengurangi beban pada sistem drainase, dan meningkatkan kualitas air. Rain garden menggunakan kombinasi tanah, vegetasi, dan desain khusus untuk menyerap, menyaring, dan mengendalikan aliran air hujan. Rain garden dirancang dengan kemiringan ringan dan permukaan berpori untuk menampung air hujan dari area sekitar, seperti atap, jalan, atau parkir. Garden ini

menggabungkan tanaman dan media tanah yang dirancang untuk mempercepat infiltrasi air dan meningkatkan kualitas air. Penggunaan sistem rain garden infiltration terbukti efektif dalam mengurangi limpasan permukaan. Dengan penerapan sistem ini, limpasan permukaan dapat berkurang sebesar 31%, dari 1651,52 m² menjadi 1135,642 m².

1. Tujuan Rain Garden

- a. Mengurangi volume aliran air hujan yang masuk ke sistem drainase dan saluran pembuangan, mengurangi risiko banjir.
- b. Meningkatkan kualitas air hujan dengan menyaring polutan seperti sedimen, logam berat, dan nutrisi dari air hujan sebelum air mencapai badan air terdekat.
- c. Menyediakan habitat bagi flora dan fauna lokal serta menambah estetika dan nilai ekologis area.

Rain garden biasanya dipasang di area rendah yang dapat menangkap air hujan dari atap, jalan, atau area lain. Desain harus mempertimbangkan aliran alami air dan kemiringan tanah. Ukuran rain garden bervariasi tergantung pada area yang dilayani dan kapasitas penampungan yang diperlukan. Adapun media tanah pada rain garden sering dilengkapi dengan lapisan tanah yang terdiri dari campuran tanah atas, kompos, dan pasir untuk meningkatkan kapasitas infiltrasi. Lapisan ini dirancang untuk menyerap air hujan dengan cepat.

Rain garden ditanami dengan berbagai jenis tanaman asli atau adaptif yang dapat mengatasi kondisi basah dan kering. Tanaman ini membantu menyerap air, mengurangi erosi, dan memperbaiki kualitas tanah. Jenis tanaman yang dapat di tanam pada konsep ini diantaranya tanaman rumput, semak, dan bunga yang tahan terhadap fluktuasi kelembapan, seperti iris, daylilies, dan goldenrod. Rain garden dirancang untuk

memfasilitasi infiltrasi air hujan melalui tanah. Outlet dan drainase dapat diatur untuk mengontrol laju aliran air keluar dari rain garden. Saluran atau bedeng di sekitar rain garden membantu mengarahkan air hujan ke area rain garden dan mencegah genangan di area sekitar.

2. Manfaat Rain Garden

- a. Mengurangi Banjir: Dengan menampung dan menyaring air hujan, rain garden mengurangi beban pada sistem drainase kota dan risiko banjir.
- b. Meningkatkan Kualitas Air: Rain garden menyaring polutan dari air hujan, mengurangi pencemaran yang masuk ke sungai, danau, atau saluran pembuangan.
- c. Menambah Keindahan: Rain garden dapat berfungsi sebagai elemen lanskap yang menarik, meningkatkan nilai estetika dan keindahan lingkungan sekitar.
- d. Dukungan Ekologi: Menyediakan habitat untuk berbagai spesies tanaman dan hewan, mendukung keanekaragaman hayati lokal.

3. Penerapan Rain Garden

- a. Kebun Hujan di Halaman Rumah: Rain garden di halaman depan rumah untuk menangkap air hujan dari atap rumah dan jalan setapak.
- b. Rain Garden di Taman Kota: Rain garden di taman kota untuk menangkap air hujan dari area parkir dan mengelola aliran air hujan di area publik.
- c. Rain Garden di Sekolah: Rain garden di area sekolah untuk mengelola aliran air hujan dari gedung sekolah dan area bermain, serta sebagai alat pendidikan lingkungan bagi siswa.

4. Cara Membuat Rain Garden

- a. Perencanaan: Identifikasi area yang akan dijadikan rain garden dan perkirakan volume air hujan yang akan ditangani.

- b. Desain: Rancang ukuran, bentuk, dan komponen rain garden, termasuk sistem aliran dan media tanah.
- c. Penggalian dan Persiapan: Gali area untuk rain garden dan tambahkan lapisan tanah dan media penyaring.
- d. Penanaman: Tanam berbagai jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi kelembapan rain garden.
- e. Pemeliharaan: Lakukan pemeliharaan rutin seperti penyiraman, pemangkasan, dan penggantian tanaman sesuai kebutuhan.

2.2.6 Green Roof (Atap Hijau)

Green roof, atau atap hijau, adalah sistem penutup atap yang dilengkapi dengan lapisan vegetasi dan substrat tanah. Konsep ini dirancang untuk mengintegrasikan ruang hijau ke dalam struktur bangunan, memberikan manfaat lingkungan, estetika, dan fungsional. Green roof merupakan atap yang dilapisi dengan tanaman dan tanah atau media tanam. Sistem ini dapat berupa atap hijau yang penuh atau atap hijau modular, tergantung pada desain dan kebutuhan spesifik, terdapat **3 jenis Green Roof**:

1. Green Roof Ekstensif:

Green roof ini memiliki lapisan media tanam yang relatif tipis (10-15 cm) dan ditanami dengan tanaman berukuran kecil, seperti rumput, sukulen, dan tanaman tahan kekeringan. Atap hijau ekstensif biasanya digunakan untuk atap yang tidak sering diakses. Contoh : atap gedung perkantoran dengan tanaman seperti sedum yang membutuhkan perawatan minimal dan menawarkan manfaat isolasi termal dan pengelolaan air hujan.

2. Green Roof Intensif:

Green roof ini memiliki lapisan media tanam yang lebih tebal (20 cm atau lebih) dan memungkinkan penanaman berbagai jenis tanaman, termasuk semak dan pohon kecil. Atap hijau

intensif sering digunakan untuk taman atap dan ruang rekreasi. Contoh : atap restoran atau apartemen yang berfungsi sebagai taman atau ruang hijau dengan berbagai tanaman, kursi, dan area rekreasi.

3. Green Roof Semi-Intensif:

Green roof ini memiliki media tanam yang berada di antara ekstensif dan intensif (15-20 cm). Cocok untuk tanaman yang lebih beragam tetapi tidak memerlukan penanaman pohon besar. Conroh : atap gedung apartemen yang mencakup area hijau dengan tanaman berbunga dan rumput, menyediakan ruang hijau yang lebih beragam.

4. Komponen Green Roof

a. Lapisan Drainase:

- 1) Lapisan yang memungkinkan air kelebihan mengalir keluar dari media tanam untuk mencegah genangan dan kerusakan struktural. Biasanya berupa material berbentuk batu, plastik, atau sistem drainase berbasis geotekstil.
- 2) **Contoh:** Lapisan drainase yang terbuat dari plastik perforasi atau batu kerikil di atas permukaan atap.

b. Lapisan Filter:

- 1) Menyaring partikel dari air yang mengalir dari media tanam untuk mencegah penyumbatan pada lapisan drainase.
- 2) **Contoh:** Geotekstil atau kain filter yang dipasang di atas lapisan drainase.

c. Media Tanam:

- 1) Lapisan tanah atau substrat yang menyediakan nutrisi dan tempat tumbuh bagi tanaman. Media ini dirancang untuk memiliki kapasitas retensi air dan drainase yang baik.

- 2) **Contoh:** Campuran tanah ringan, kompos, dan bahan tambahan seperti perlit atau vermikulit.

d. Tanaman:

- 1) Beragam jenis tanaman yang dipilih berdasarkan kondisi iklim, jenis media tanam, dan tujuan desain. Tanaman hijau yang sering digunakan termasuk sedum, rumput, dan tanaman berbunga.

- 2) **Contoh:** Sedum yang tahan kekeringan pada atap hijau ekstensif atau tanaman herba dan semak pada atap hijau intensif.

e. Lapisan Kedap Air:

- 1) Lapisan yang melindungi struktur atap dari kelembapan dan kerusakan air. Biasanya berupa membran kedap air.

- 2) **Contoh:** Membran kedap air berbasis PVC atau EPDM yang dipasang di bawah lapisan drainase.

5. Manfaat Green Roof

a. Pengelolaan Air Hujan:

- 1) Menyerap dan menahan air hujan, mengurangi aliran air permukaan dan risiko banjir.

b. Isolasi Termal:

- 1) Menyediakan insulasi tambahan untuk bangunan, membantu menjaga suhu dalam ruangan lebih stabil.
- 2) Mengurangi kebutuhan pendinginan dan pemanasan, serta menurunkan konsumsi energi.

c. Pengurangan Efek Pulau Panas:

- 1) Menyerap panas dan mengurangi suhu permukaan atap, yang membantu mengurangi suhu lingkungan urban.
- 2) Mengurangi efek pulau panas perkotaan dan meningkatkan kenyamanan lingkungan sekitar.

d. Peningkatan Kualitas Udara:

- 1) Tanaman di atap hijau menyerap karbon dioksida dan polutan udara serta menghasilkan oksigen.
- 2) Meningkatkan kualitas udara di sekitar area urban.

e. Ruang Hijau dan Estetika:

- 1) Menambah dan menyediakan ruang hijau yang dapat digunakan untuk rekreasi dan meningkatkan estetika bangunan.

6. Penerapan Green Roof

- a. Bangunan Perkantoran:** Atap hijau sebagai taman atap yang dapat digunakan oleh karyawan dan menambah nilai estetika gedung.
- b. Apartemen atau Rumah:** Atap hijau sebagai ruang rekreasi tambahan untuk penghuni apartemen/ rumah.
- c. Gedung Publik:** Atap hijau pada gedung-gedung publik seperti museum atau pusat perbelanjaan untuk meningkatkan kualitas lingkungan dan memberikan ruang hijau tambahan.

7. Perawatan dan Pemeliharaan

- a. Perawatan Tanaman:** Tanaman perlu dipantau dan dirawat secara rutin untuk memastikan kesehatan dan pertumbuhannya.
- b. Pemeriksaan Drainase:** Memeriksa sistem drainase dan lapisan kedap air secara berkala untuk mencegah kerusakan.
- c. Pemeliharaan Umum:** Melakukan pemeliharaan rutin pada media tanam dan sistem drainase untuk memastikan fungsi optimal dari green roof.

Green roof adalah solusi inovatif yang menawarkan berbagai manfaat lingkungan dan fungsional, serta dapat menjadi elemen desain yang menarik dan bermanfaat untuk berbagai jenis bangunan. Salah satu hal penting yang juga perlu diperhatikan dalam menggunakan konsep ini adalah kemiringan, menurut Wahida, N, et all (2022) variasi kemiringan yang paling efektif adalah 10° . Pada durasi hujan 3 menit, persentase reduksi mencapai 95%, sedangkan untuk durasi 5 menit adalah 93%, dan untuk durasi 8 menit adalah 90%. Oleh karena itu, kemiringan 10° dapat secara signifikan mengurangi limpasan hujan, menghasilkan volume limpasan yang lebih sedikit dibandingkan dengan kemiringan lainnya.

Dengan mengimplementasikan konsep-konsep drainase berwawasan lingkungan ini, kita dapat menciptakan sistem yang lebih berkelanjutan, yang tidak hanya mengelola air hujan dengan lebih efektif tetapi juga memberikan manfaat tambahan bagi lingkungan dan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Harmani, E. and Soemantoro, M. (2017) 'Kolam Retensi Sebagai Alternatif Pengendali Banjir', *Jurnal Teknik Sipil Unitomo*, 1(1), pp. 71–80. Available at: <https://ejournal.unitomo.ac.id/index.php/sipil/article/view/274>.
- Lestari, E. et al. (2021) 'Pemanfaatan Bioretensi Buatan Sebagai Upaya Pengelolaan Air Hujan Untuk Peningkatan Kualitas Air', *Jurnal KILAT*, Vol 10, hal 108-119
- Sarbidi, S. (2014) 'Kriteria Desain Drainase Kawasan Permukiman Kota Berwawasan Lingkungan', *Jurnal Permukiman*, 9(1), p. 1. Available at: <https://doi.org/10.31815/jp.2014.9.1-16>.
- Sedyowati, L. and Suhartanto, E. (2015) 'Kajian Pengaruh Sistem Drainase dan Ruang Terbuka Hijau Eksisting pada Kawasan Ruas Jalan Utama Kota Malang (Suatu Upaya Pengendalian Genangan Di Daerah Perkotaan)', *Jurnal Media Teknik Sipil*, 13(1), p. 56. Available at: <https://doi.org/10.22219/jmts.v13i1.2544>.
- Ulfiana, D. et al. (2022) 'Sistem Paving Block Lolos Air untuk Mendukung Konsep Water Sensitive Urban Design di Kecamatan Bayat Kabupaten Klaten', *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(1), pp. 90–98.
- Saputra A, Josepine J. 'Implementasi Rain Garden Infiltration untuk Mencapai Pembangunan Berkelanjutan dalam Pengelolaan Air Hujan' *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, Available online at : <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/>
- Wahidah, N. et al. (2023) 'EFEKTIVITAS GREEN ROOFUNTUK MENGURANGI LIMPASAN HUJAN' *E-Journal Teknologi Infrastruktur*, Available online at : <https://jurnal.upb.ac.id/index.php/ft/article/view/342/31>

BAB 3

DEBIT BANJIR RANCANGAN

Oleh Wati Asriningsih Pranoto

Debit banjir rancangan atau debit banjir rencana adalah jumlah air yang dirancang akan mengalir ke suatu daerah saat terjadi banjir. Debit banjir rancangan ini bisa direncanakan untuk banjir dengan periode ulang 5, 10, 15, 20 tahun. Periode ulang ditentukan berdasarkan tipologi kota (Tabel 3.1). Untuk merencanakan saluran drainase perkotaan berkelanjutan bisa dilakukan dengan menghitung debit banjir rancangan periode ulang sesuai dengan tipologi kota tersebut. Setelah itu dihitung dimensi saluran sesuai dengan debit banjir rancangan yang diperoleh sehingga saluran tersebut mampu mengalirkan debit banjir periode ulang yang sudah dihitung dan tidak terjadi banjir.

Menghitung debit banjir rancangan periode ulang sesuai dengan tipologi kota adalah langkah penting dalam perencanaan penanggulangan banjir perkotaan untuk mengurangi risiko banjir. Berikut adalah beberapa langkah dalam menghitung debit banjir rancangan:

3.1 Data dan Informasi

Perencanaan sistem drainase perkotaan memerlukan berbagai jenis data mulai dari data spasial hingga data statistik. Data yang dibutuhkan antara lain:

1. Data Spasial mencakup:
 - a. Peta dasar, peta tata letak perkotaan, peta penggunaan lahan, dan peta topografi dengan skala yang disesuaikan dengan tipologi kota (biasanya antara 1:5.000 hingga 1:25.000).

- b. Data kependudukan
 - c. Rencana pengembangan kota, data geoteknik, dan citra udara terbaru (terutama untuk wilayah metropolitan).
 - d. Dokumen rencana tata ruang wilayah (RTRW).
2. Data Hidrologi:
- a. Data curah hujan minimal sepuluh tahun terakhir.
 - b. Catatan tinggi muka air sungai atau saluran , debit sungai, dampak air balik, peil banjir, dan data pasang surut laut (bila kota dekat pantai).
3. Data Sistem Drainase eksisting meliputi:
- a. Data kuantitatif banjir seperti luas genangan, lama genangan, kedalaman rata-rata, frekuensi, serta rencana induk pengendalian banjir yang sudah ada.
 - b. Informasi mengenai saluran drainase, kolam retensi, kolam resapan, dan sumur resapan lainnya.
4. Data Hidrolika (karakteristik jaringan drainase), seperti:
- a. Keadaan fisik, fungsi, jenis, dan dimensi saluran, termasuk struktur tambahan seperti gorong-gorong, pompa, dan pintu air.
 - b. Arah aliran dan kemampuan resapan air (bila dasar saluran masih tanah).
5. Data Teknis dan Infrastruktur meliputi: Jaringan jalan, jaringan drainase, jaringan air limbah, tempat pengolahan sampah, serta jaringan utilitas lainnya (telekomunikasi, listrik, air minum, dan gas jika ada).
6. Data Non-Teknis seperti: Rincian biaya dan anggaran operasi, partisipasi masyarakat, dan lain lain.

3.2 Penentuan Debit Banjir Rancangan

Penentuan debit banjir rancangan mengaitkan probabilitas dan risiko kejadian banjir dalam rentang usia bangunan. Perhitungan ini mengikuti rumus yang mempertimbangkan interval

ulang dan umur bangunan, sehingga memungkinkan estimasi kejadian banjir berdasarkan karakteristik area dan ketahanan infrastruktur.

$$r = 1 - (1 - p)^{L_y}$$
$$p = \frac{1}{T}$$

Keterangan :

T	= kala ulang dalam Tahun
L_y	= umur layan bangunan dalam Tahun
r	= resiko terjadinya banjir
p	= probabilitas

3.3 Perencanaan Hidrologi

Perencanaan hidrologi mempunyai beberapa aspek utama:

1. Hujan Rencana: melalui analisis frekuensi memerlukan data hujan harian maksimum selama minimal 10 tahun terakhir dari minimal satu stasiun pengamatan. Metode yang sering digunakan mencakup:
 - a. Metode aritmatik, poligon Thiessen, atau isohyetal, yang dipilih sesuai dengan data yang ada dan karakteristik daerah tangkapan.
 - b. Gumbel atau log-Pearson Tipe III untuk menghitung periode ulang, dan metode Mononobe untuk intensitas hujan
 - c. Analisis frekuensi untuk menghitung debit banjir rancangan.
 - d. Untuk pengecekan data hujan, dapat digunakan metode kurva masa ganda atau analisis statistik untuk pengujian nilai rata-rata.
 - e. Perhitungan intensitas hujan dapat ditinjau dengan metode Mononobe atau metode lainnya yang sesuai.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

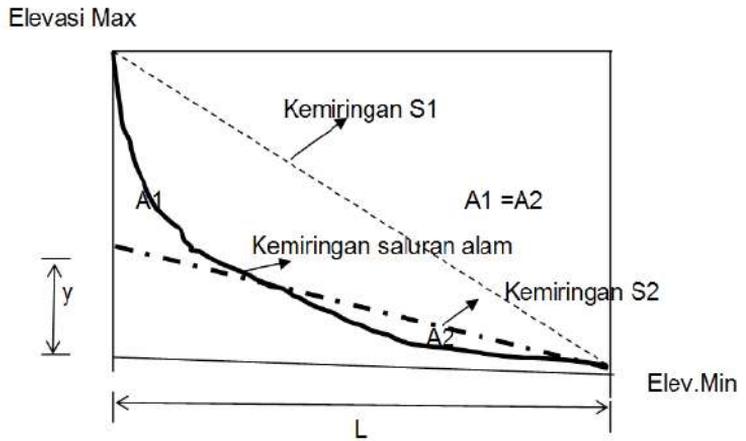
dengan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam).

R_{24} = curah hujan harian maksimum tahunan kala ulang tahun (mm).

t_c = waktu konsentrasi pada daerah tersebut (jam)

2. Perhitungan Debit Banjir Rancangan: Menggunakan metode rasional atau metode lain yang disesuaikan dengan karakteristik daerah perkotaan. Komponen kunci meliputi:
 - a. Koefisien limpasan tergantung dari tata guna lahan pada daerah tangkapan.
 - b. Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air dari titik terjauh hingga ke saluran rencana.
 - c. Kemiringan dasar saluran (S) dapat dibagi menjadi tiga bagian
 - 1) Pertama adalah kemiringan saluran yang diperoleh dari elevasi dasar saluran yang paling tinggi sampai dasar saluran yang paling rendah disebut kemiringan dasar saluran (*channel gradient*) S_1 .
 - 2) Kedua adalah kemiringan saluran di bagian atas (A_1) sama dengan daerah di bagian bawah (A_2), kemiringan tersebut disebut kemiringan konstan (*constant slope*) S_2 ; lihat Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Pembagian Kemiringan Dasar Saluran Ekuivalen

(Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014)

- Ketiga adalah kemiringan saluran yang diperoleh dari resultan kemiringan saluran dari masing-masing sub daerah pengaliran (*subreach length*), kemiringan dasar saluran ini disebut kemiringan dasar saluran ekuivalen (*equivalent slope*), S_3 , yang dinyatakan dengan persamaan matematik sebagai berikut:

$$S_3 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n (L_i/S_i^2)} \right)^2$$

dengan :

- S_3 = kemiringan dasar saluran ekuivalen
- L_i = panjang saluran masing-masing sub-DPS/DPSal
- n = jumlah sub-DPS/DPSal
- S_i = kemiringan dasar saluran masing-masing subDPS/DPSal.

- d. Kala ulang sesuai dengan ketentuan:
Kala ulang yang dipakai berdasarkan luas daerah pengaliran saluran dan tipologi kota yang direncanakan sistem drainasenya, seperti terlihat dalam Tabel 3.1
- e. Menyusun IDF Curve drainase perkotaan sesuai kala ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun.
- f. Daerah Pengaliran Saluran (DPSal) yang mempunyai sub-DPSal, maka perhitungan koefisien limpasan ekuivalen (Ceq) dengan memakai koefisien masing masing sub daerah pengaliran saluran.

Tabel 3.1. Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Ait (Ha)			
	< 10	10-100	101-500	> 500
Kota Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
Kota Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Kota Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014

3. Hujan dengan ketentuan sebagai berikut :
 - a. Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan, dengan lama pengamatan sekurang-kurangnya 10 tahun.
 - b. Analisis frekuensi terhadap curah hujan, menggunakan Metode Gumbel untuk kala ulang 2, 5, 10 dan 20 tahun.
Rumus Metode Gumbel adalah sebagai berikut:

$$X_t = X + kS_x$$

Dengan :

X_t = X yang terjadi dalam kala ulang t tahun.

X = rata-rata dari seri data X_i .

X_i = seri data maksimum tiap tahun.

S_x = simpangan baku.

n = jumlah data.

Atau

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

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

$$Y_t = (- \ln \ln (\frac{t-1}{t}))$$

Dengan:

k = konstanta yang dapat dibaca dari Tabel 3.3.

Y_n dan S_n = besaran yang merupakan fungsi dari jumlah pengamatan (n).

Y_t = reduksi sebagai fungsi dari probabilitas; besaran Y_t , k ; S_n ; Y_n , (lihat Tabel 3.2, 3.4, 3.5, sampai Tabel 3.6).

t = jumlah tahun kala ulang.

Tabel 3.2. Harga Y_t Sebagai Fungsi T

T	Y_t	T	Y_t
1,01	-1,53	20	2,97
1,58	0,0	50	3,90
2,00	0,37	100	4,60
5,00	1,50	200	5,30
10,00	2,25		

Sumber: Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir

Tabel 3.3. Faktor Frekuensi Untuk Nilai Ekstrim (k)

<i>n</i>	Kala Ulang						
	10	20	25	50	75	100	1000
15	1,703	2,410	2,632	3,321	3,721	4,005	6,265
20	1,625	2,302	2,517	3,179	3,563	3,836	6,006
25	1,575	2,235	2,444	3,088	3,463	3,729	5,843
30	1,541	2,188	2,393	3,026	3,393	3,653	5,727
40	1,495	2,126	2,326	2,943	3,301	3,554	5,467
50	1,466	2,086	2,283	2,889	3,241	3,491	5,478
60	1,466	2,059	2,253	2,852	3,200	3,446	
70	1,430	2,038	2,230	2,824	3,169	3,413	5,359
75	1,423	2,029	2,220	2,812	3,155	3,400	
100	1,401	1,998	2,187	2,770	3,109	3,349	5,261

Sumber: Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir

Tabel 3.4. Simpangan Baku Tereduksi (Sn)

<i>n</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,94	0,96	0,98	0,99	1,00	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05
20	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10
30	1,11	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
50	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
60	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
70	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
80	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	
90	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	
100	1,20									

Sumber: Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir

Tabel 3.5. Rata-rata tereduksi yn

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
,495	,499	,503	,507	,510	,512	,515	,518	,520	,522	10
,523	,525	,526	,528	,529	,530	,532	,533	,534	,535	20
,536	,537	,538	,538	,539	,540	,541	,541	,542	,543	30
,543	,544	544	,545	,545	,546	,546	,547	,547	,548	40
,548	,549	,549	,549	,550	,550	,550	,551	,551	,551	50
,552	,552	,552	,553	,553	,553	,553	,554	,554	,554	60
,554	,555	,555	,555	,555	,555	,555	,556	,556	,556	70
,556	,557	,557	,557	,557	,558	,558	,558	,558	,558	80
,558	,558	,558	,559	,559	,559	,559	,559	,559	,559	90
,560										100

Sumber: Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir

Tabel 3.6. Hubungan Antara Kala Ulang Dengan Faktor Reduksi (Y_t)

Kala Ulang (Tahun)	Faktor Reduksi (Y_t)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir

4. Debit banjir dengan ketentuan sebagai berikut :

a) Debit rencana dihitung dengan metode rasional atau metode rasional yang telah dimodifikasi atau hidrograf satuan untuk daerah perkotaan.

□ Metode rasional :

$$Q_p = 0,00278 CIA$$

Dengan :

Q_p = debit puncak banjir (m^3/dt).

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm)

$$C_{eq} = \frac{A_1 \times C_1 + A_2 \times C_2 + \dots + A_n \times C_n}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Dengan :

C_{eq} = koefisien limpasan ekuivalen

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ = koefisien limpasan masing-masing sub-DPSal.

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas sub-DPSal dalam ha

Waktu konsentrasi (t_c) persamaannya menurut Kirpich (1940) adalah sebagai berikut:

$$t_c = 0,0195L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

Atau

$$t_c = t_o + t_d$$

Dengan :

t_c = waktu konsentrasi dalam menit

L = panjang saluran dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau dalam meter.

S = kemiringan dasar saluran

t_o = waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran (*inlet time*) dalam menit

t_d = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (*conduit time*) menit

V = kecepatan air di dalam saluran dalam meter per-menit

Intensitas curah hujan, dinyatakan dalam satuan mm/jam, yang dihitung dengan persamaan dari Mononobe sebagai berikut:

$$t_d = \frac{L}{v}$$
$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_o} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dengan :

I = intensitas curah hujan dalam mm/jam.

R_{24} = curah hujan harian maksimum tahunan untuk kala ulang t tahun

t_c = waktu konsentrasi dalam jam

□ Modified Rational Method atau rational method :

$$Q_p = 0,00278 C_s CIA$$

Dengan :

Q_p = debit puncak banjir (m^3/dt).

C_s = koefisien tampungan (*storage coefficient*).

Atau

$$C_s = \frac{2 t_c}{2 t_c + t_d}$$

t_c = waktu konsentrasi dalam menit

t_d = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau dalam menit

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam).

A = luas daerah pengaliran saluran/DPSal (ha).

$$t_c = t_o + t_d$$

t_o = waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran (*inlet time*) dalam menit

t_c = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (*conduit time*) dalam menit,

V = kecepatan air di dalam saluran dalam meter per-menit.

$$t_d = \frac{L}{V}$$

- b) Koefisien limpasan (run off) ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan. Dalam Tabel 3.3 dapat dilihat Tabel koefisien limpasan.

Tabel 3.7. Nilai Koefisien Limpasan

Kondisi Daerah	Koefisien Pengaliran	Sifat Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran
Perdagangan		Jalan	
Daerah kota	0,70 – 0,95	Aspalt	0,70 – 0,95
Daerah dekat kota	0,50 – 0,70	Beton	0,80 – 0,95
Pemukiman		Batu bata	0,70 – 0,85
Rumah Tinggal	0,30 – 0,50	Batu kerikil	0,15 – 0,35
Terpencar	0,40 – 0,60	Jalan raya dan trotoar	0,70 – 0,85
Kompleks perumahan	0,25 – 0,40	Atap	0,75 – 0,95
Pemukiman (suburban) Apartemen	0,50 – 0,70	Lapangan rumput, tanah berpasir	
Industri		Kemiringan 2 persen	0,05 – 0,10
Industri ringan	0,50 – 0,80	Rata-rata 2-7 persen	0,10 – 0,15
Indutri berat	0,60 – 0,90	Curam (7 persen)	0,15 – 0,20
Taman, kuburan	0,10 – 0,25	Lapangan rumput,	0,13 – 0,17
Lapangan bermain	0,10 – 0,25	Tanah keras	0,18 – 0,22
Daerah halaman KA	0,20 – 0,40	Kemiringan 2 persen	0,25 – 0,35
Daerah tidak terawat	0,10 – 0,30	Rata-rata 2-7 persen	
		Curam (7 persen)	

Sumber: Urban Drainage Guidelines and Technical Design Standards “, Dep.PU, Jakarta, November, 1994

- c) Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus Kirpich seperti berikut:

$$t_c = 0,195L^{0,77} S^{-0,385}$$

Atau

$$t_c = t_o + t_d$$

Dengan:

t_c = waktu konsentrasi dalam menit

L = panjang saluran dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau dalam meter.

S = kemiringan dasar saluran

t_o = waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran (*inlet time*) dalam menit

t_d = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (*conduit time*) dalam menit

V = kecepatan air di dalam saluran dalam meter per-menit

$$t_d = \frac{L}{V}$$

- d) Metode Mononobe :

Dengan :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_o} \right)^{\frac{2}{3}}$$

- I =intensitas curah hujan dalam mm/jam.
 R_{24} = curah hujan harian maksimum tahunan untuk
kala ulang t tahun
 t_c = waktu konsentrasi dalam jam

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pekerjaan Umum. (2014). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (1989). *SK SNI M-18-1989-F: Metode Perhitungan Debit Banjir*. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (1994). *Urban Drainage Guidelines and Technical Design Standards*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Pekerjaan Umum.

BAB 4

PERENCANAAN BANGUNAN PELENGKAP

Oleh M. Agusalm

4.1 Pendahuluan

Bangunan pelengkap drainase merupakan komponen penting dalam sistem drainase yang dirancang untuk mengelola aliran air, baik dari hujan, air tanah, maupun limpasan permukaan, agar tidak menyebabkan genangan, erosi, atau kerusakan lingkungan lainnya. Sistem drainase yang efektif dapat meminimalkan risiko banjir dan kerusakan infrastruktur, serta mendukung keseimbangan lingkungan dengan menjaga kualitas air dan tanah. Oleh karena itu, bangunan pelengkap drainase memiliki penting dalam pengelolaan air yang berkelanjutan di berbagai kawasan, termasuk perkotaan, pedesaan, dan area industri.

Bangunan pelengkap drainase merupakan konstruksi bangunan yang berfungsi untuk mengalirkan, mengendalikan, dan menyebarkan air secara teratur dan aman. Beberapa bangunan tersebut meliputi gorong-gorong, saluran terbuka dan tertutup, tanggul, bak kontrol, bak penampung, serta bangunan lainnya yang dirancang khusus untuk mengatur aliran air sesuai kebutuhan. Pemilihan jenis bangunan pelengkap drainase disesuaikan dengan kondisi topografi, intensitas curah hujan, dan penggunaan lahan di sekitarnya.

Dalam praktiknya, perencanaan bangunan pelengkap drainase tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis dan fungsional, tetapi juga dampaknya terhadap lingkungan dan

masyarakat. Perencanaan yang baik akan membantu meminimalkan dampak negatif seperti pencemaran air, perubahan aliran alami, serta potensi kerusakan pada habitat alami. Di tengah perubahan iklim yang semakin meningkat, keberadaan bangunan pelengkap drainase yang efisien dan ramah lingkungan menjadi semakin penting untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

Dalam konteks perkotaan, peran bangunan pelengkap menjadi semakin penting seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk dan pembangunan infrastruktur. Peningkatan jumlah kawasan kedap air seperti jalan raya, bangunan, dan trotoar, mengakibatkan kawasan resapan air menjadi berkurang, sehingga peningkatan risiko limpasan permukaan menjadi besar. Tanpa adanya sistem drainase yang memadai, limpasan ini dapat menyebabkan banjir lokal, genangan air, serta kerusakan jalan dan bangunan. Oleh karena itu, desain bangunan pelengkap drainase di kawasan perkotaan harus mampu menangani volume air yang besar dalam waktu singkat, terutama pada saat terjadi hujan lebat.

Tantangan dalam merancang bangunan pelengkap drainase meliputi kebutuhan untuk memprediksi perubahan iklim dan pola cuaca yang tidak menentu. Curah hujan yang lebih ekstrem akibat perubahan iklim meningkatkan beban sistem drainase, sehingga diperlukan desain yang fleksibel dan tanggap terhadap perubahan. Selain itu, pendekatan berkelanjutan seperti penggunaan bangunan hijau (green infrastructure) yang mengintegrasikan vegetasi alami dalam sistem drainase mulai banyak diterapkan. Bangunan hijau ini tidak hanya membantu menyerap dan menyimpan air hujan, tetapi juga memperbaiki kualitas udara dan memberikan manfaat estetika serta ekologis bagi lingkungan sekitar.

Secara keseluruhan, bangunan pelengkap drainase memainkan peran vital dalam pengelolaan air dan mitigasi risiko bencana alam terkait air, seperti banjir dan erosi. Desain dan implementasi yang efektif dari bangunan-bangunan ini akan membantu menciptakan lingkungan yang lebih aman, efisien, dan berkelanjutan bagi masyarakat dan ekosistem di sekitarnya.

4.2 Jenis-Jenis Bangunan Pelengkap

Jenis-jenis Bangunan Pelengkap Drainase adalah berbagai struktur tambahan yang mendukung sistem drainase dalam mengelola air hujan dan limpasan permukaan, serta mencegah terjadinya genangan atau banjir. Setiap jenis bangunan pelengkap ini memiliki peran spesifik yang berkontribusi pada efektivitas dan keberlanjutan sistem drainase secara keseluruhan. Beberapa jenis bangunan pelengkap saluran drainase berikut fungsinya adalah:

4.2.1 Gorong-Gorong (Cuvert)

Gorong-gorong (Culvert), umumnya digunakan sebagai saluran pembuangan silang untuk membebaskan drainase dari parit di pinggir jalan, dan untuk mengalirkan air di bawah jalan pada drainase alami dan penyeberangan sungai. Ketika ditemukan di bawah jalan, gorong-gorong tersebut sering kali kosong. Gorong-gorong juga dapat berupa struktur seperti jembatan yang dirancang untuk memungkinkan lalu lintas kendaraan atau pejalan kaki menyeberangi jalur air sambil menyediakan jalur yang memadai untuk air.



Gorong-gorong persegi (a)

Gorong-gorong lingkaran (b)

Gambar 4.1. Gorong-gorong

Sumber : <https://en-m-wikipedia-org.translate.goog/>

Sebelum menentukan dimensi bangunan gorong-gorong, perlu diketahui berapa debit yang akan mengalir di dalam gorong-gorong tersebut, karena dari debit tersebut kita dapat menentukan dimensi dari gorong-gorong yang akan direncanakan, semakin besar debit air limpasan maka semakin besar dimensi saluran gorong-gorong yang akan dibuat dan demikian pula sebaliknya.

1. Menentukan debit aliran

Untuk menentukan debit aliran maka terlebih dahulu yang dilakukan adalah menentukan curah hujan rencana dengan menggunakan beberapa metode distribusi antara lain:

a. Metode Distribusi Gumbel

$$X_t = X_r + (K \cdot X_n)$$

Dimana:

X_t = Hujan dalam Periode t tahun

X_r = Harga rata-rata X

K = Faktor Frekwensi

X_n = Standar deviasi

Nilai Koefisien Fekwensi (K) dan standar deviasi (X_n) dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

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

Dimana:

K = Faktor Frekwensi

Y_t = Reduce Variate

Y_n = Harga rata-rata teduce variate

S_n = Reduced Standar Deviation

$$X_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{ni} - Y_n)^2}{n - 1}}$$

Tabel 4.1. Tabel Reduce Variate (Y_t) Metode Gumbel

Periode (tahun)	Ulang	Y _t
2		0,3065
5		1,4999
10		2,2504
20		2,9702
25		3,1255
50		3,9019
100		4,6001

Sumber: Soemarto (1987)

Tabel 4.2. Harga *reduced mean* (Y_n) dan *reduced standard deviation* (S_n)

n	S_n	Y_n	n	S_n	Y_n
10	0,947	0,4952	60	1,1750	0,5521
15	1,0210	0,5128	70	1,1850	0,5548
20	1,0630	0,5236	80	1,1940	0,5567
25	1,0910	0,5390	90	1,2010	0,5586
30	1,1120	0,5362	100	1,2060	0,5600
35	1,1280	0,5403	200	1,2360	0,5672
40	1,1410	0,5436	500	1,2590	0,5724
45	1,1520	0,5463	1000	1,2690	0,5745
50	1,1610	0,5485			

Sumber: Soemarto (1987)

b. Metode Distribusi Log Pearson Type III

Parameter yang diperlukan dalam parameter statistik Log Pearson Type III adalah:

Harga rata-rata

$$\text{Log } \bar{X}_r = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n}$$

Menghitung Nilai standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Menghitung Nilai Koefesien Kepencengan

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{log } X_i - \text{log } X_r)^3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

Hitung Logaritma hujan dengan waktu balik dengan Rumus

$$\text{Log } X_t = \text{Log } X_r + G \cdot S \text{ Log } X$$

Dimana:

$\text{Log } X_t$ = Nilai logaritmik Hujan Rencana

$\text{Log } X_r$ = Nilai rata-rata $\text{Log } X_i$

$S \text{ Log } X$ = Standar deviasi dari $\text{Log } X$

c. Metode Distribusi Log Normal

Parameter yang dipertlukan adalah:

$$\text{Log } X_t = \text{Log } X_r + K_T \cdot S_d \text{ Log } X$$

Dimana:

$\text{Log } X_t$ = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode
Ulang T tahun

$\text{Log } X_r$ = Nilai rata-rata $\text{Log } X$

$S \text{ Log } X$ = Standar deviasi dari $\text{Log } X$

Setelah hujan rencana diketahui maka dilanjutkan dengan menentukan debit aliran. Debit aliran dapat dihitung dengan menggunakan metode rasional.

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m^3/dt)

C = Koefisien aliran permukaan (tergantung jenis permukaan)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (m^2)

1. Menentukan ukuran dan bentuk gorong-gorong

Ukuran dan bentuk gorong-gorong ditentukan berdasarkan debit yang telah dihitung. Gorong-gorong umumnya berbentuk lingkaran, namun biasa juga berbentuk persegi. Untuk menghitung diameter gorong-

gorong berbentuk lingkaran, dapat ditentukan dengan rumus debit aliran. Jika diasumsikan aliran penuh dalam gorong-gorong berbentuk lingkaran maka rumus yang digunakan adalah:

$$Q = A \cdot V$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/dt)

A = Luas Penampang Gorong-gorong (m²)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

Luas penampang gorong-gorong berbentuk lingkaran dapat dihitung dengan rumus:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Dimana, D adalah Diameter gorong-gorong

Untuk kecepatan aliran (V) dalam saluran gorong-gorong dapat dihitung dengan menggunakan rumus manning yaitu:

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

Dimana:

V = Kecepatan Aliran (m/dt)

n = Koefisien kekasaran saluran (nilai manning, tergantung material gorong-gorong)

R = Jari-jari hidraulik, dihitung dengan rumus $= \frac{A}{P}$,
dimana P adalah keliling basah (m)

S = Kemiringan dasar saluran

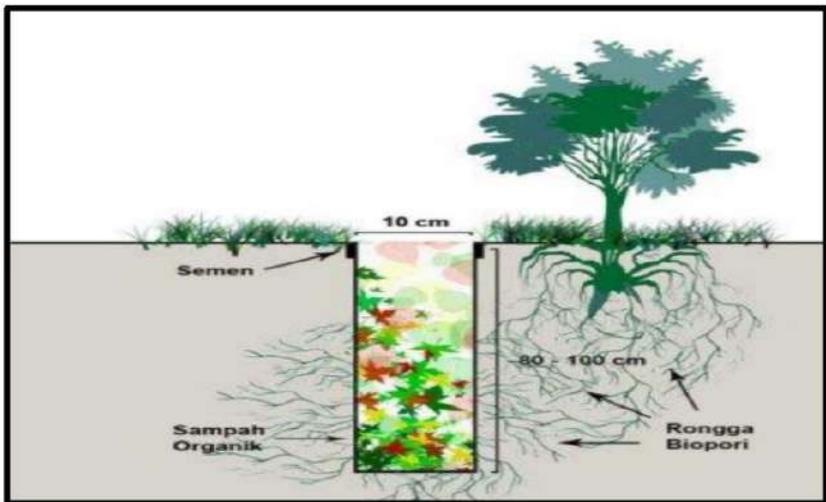
2. Menentukan Kemiringan (S) dan panjang gorong-gorong

Kemiringan dasar gorong-gorong sangat penting untuk menentukan aliran grafitasi yang cukup. Semakin besar kemiringan maka akan semakin cepat aliran, namun jika S

nya terlalu curam, maka akan menyebabkan erosi di bagian outlet gorong-gorong. Sehingga perlu direncanakan dengan baik dan benar.

4.2.2 Sumur Resapan

Sumur Resapan, adalah salah satu infrastruktur pengelolaan air hujan yang dirancang untuk mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah. Dengan demikian, Air hujan yang tertampung dalam sumur resapan akan diserap oleh tanah, sehingga mengurangi limpasan air permukaan yang biasanya menyebabkan banjir atau erosi dan juga membantu menjaga atau meningkatkan tingkat cadangan air tanah.



Gambar 4.2. Sumur Resapan

Sumber : (<https://tarunakaryasejatiofficial.co.id/syarat-syarat-sumur-resapan/>)

Sumur Peresapan air yang hendak di buat memiliki persyaratan umum sebagai berikut (<https://tarunakaryasejati-official.co.id/syarat-syarat-sumur-resapan/>)

1. Galian sumur harus dihindarkan dari tempat timbunan kotoran, tangki septik dengan jarak paling dekat 5 m dengan diukur dari tepian dengan jarak minimum 1 m dari pondasi suatu bangunan.
2. Muka air (*water table*) tanahnya minimum sedalam 3,3 m pada saat musim penghujan.
3. Sumur serapan air harus berada pada daerah atau bidang yang rata, tidak pada area yang berbukit-bukit, curam atau tidak stabil.
4. Penggalian sumur resapan air dapat dilakukan sampai dengan lahan berpasir atau paling tinggi 2 meter di bawah muka air tanah.
5. Permeabilitas tanah (daya serap air) struktur tanah harus lebih dari atau sama dengan 2,0 cm per jam (artinya jika airnya tergenang setinggi 2 cm akan mudah meresap ke dalam tanah dan lenyap dalam waktu 1 jam)

Sedangkang Persyaratan umum sumur resapan yang harus dipenuhi berdasarkan SNI No. 03-2453-2002 antara lain sebagai berikut:

1. Sumur resapan air hujan ditempatkan pada daerah yang relatif datar
2. Air yang masuk ke dalam sumur resapan adalah air hujan tidak tercemar.
3. Penetapan sumur resapan air hujan harus mempertimbangkan keamanan bangunan sekitarnya.
4. Harus memperhatikan peraturan daerah setempat.
5. Hal-hal yang tidak memenuhi ketentuan ini harus disetujui instansi yang berwenang.

Persyaratan teknis:

1. Kedalaman air tanah minimum 1,50 m pada musim hujan.

2. Struktur tanah yang dapat digunakan harus mempunyai nilai permeabilitas tanah $\geq 2,0$ cm/jam. Artinya, genangan air setinggi 2 cm akan teresap habis dalam 1 jam. Adapun 3 klasifikasi nilai permeabilitas, yaitu:
3. Permeabilitas tanah sedang (geluh kelanauan), yaitu 2,0 – 3,6 cm/jam atau 0,48 – 0,864 m³/m²/hari.
4. Permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus), yaitu 3,6 – 36 cm/jam atau 0,864 – 8,64 m³/m²/hari.
5. Permeabilitas tanah cepat (pasir kasar), yaitu lebih besar dari 36 cm/jam atau 8,64 m³/m²/hari.
6. Jarak penempatan sumur resapan air hujan terhadap bangunan.

Setelah memenuhi persyaratan umum dan persyaratan teknis maka dapat dimulai perencanaan sumur resapan dengan langkah-langkah perencanaan sebagai berikut:

1. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dimaksudkan untuk memperoleh data dimensi perencanaan. Analisa hidrologi biasanya menggunakan parameter statistik. Perhitungan parameter didasarkan pada data curah hujan harian maksimum, paling sedikit data 10 tahun terakhir (Muttaqin, 2006). Parameter statistik yang dimaksud adalah :

Tabel 4.3. Parameter statistik analisa frekwensi

Parameter	Rumus
Nilai Rata-rata	$\bar{X}_r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$
Simpangan Baku (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$
Koefesien Variasi (Cv)	$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$
Koefesien Kemencengan (Cs)	$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X_r)^3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$
Koefesien Kortosis (Ck)	$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - X_r)^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4}$

Sumber: Suripin (2004)

Selanjutnya menentukan hujan rancangan dapat menggunakan beberapa metode untuk beberapa kala ulang (suripin, 2024):

- a. Distribusi Normal

$$X_t = X_r + K_t \cdot S$$

- b. Distribusi Log Normal

$$\log X_t = \log X_r + K_T \cdot S_d \log X$$

- c. Distribusi Log Pearson Type III

$$\log X_t = \log X_r + G \cdot S \log X$$

- d. Distribusi Gumbel

$$X_t = X_r + (K \cdot S_n)$$

Dimana:

Log X_t = Nilai logaritma Hujan Rencana

Log X_r = Nilai rata-rata Log X_i

S Log X = Standar deviasi dari Log X

- Kt = Faktor probabilitas (dari table reduksi Gauss)
- Xt = Hujan dalam Periode T tahun
- Xr = Harga rata-rata X
- K = Faktor Frekwensi
- Sn = Standar deviasi

2. Pehitungan Sumur Respan Air Hujan

Perhitungan sumur resapan air hujan sesuai dengan SNI No. 03-2453-2002, terbagi atas:

a. Menentukan Volume andil banjir

Volume andil banjir adalah volume air hujan yang jatuh kebidang tadah yang akan dilimpaskan kedalam sumur resapan

$$V_{ab} = 0,855 \cdot C_{tadahan} \cdot A_{tadahan} \cdot R$$

Dimana:

V_{ab} = Volume air banjir yang akan ditampung (M^3)

$C_{tadahan}$ = Koefesien limpasan dari bidang tadah

$A_{tadahan}$ = Luas bidang tadah (m^2)

R = tinggi hujan harian rata-rata ($L/m^2/hari$)

b. Volume air hujan yang meresap

Volume air hujan yang meresap digunakan rumus:

$$V_{rsp} = \frac{t_e}{24} A_{total} \cdot K$$

Dimana:

V_{rsp} = Volume air hujan yang meresap (m^3)

T_e = Durasi hujan efektif

$T_e = 0,9 \cdot R^{0,92} / 60$ (jam)

R = Tinggi hujan harian rata-rata ($L/m^2/hari$)

A_{total} = Luas dinding sumur + luas alas sumur (m^2)

K = Koefesien permeabilitas tanah ($m/hari$)

Untuk dinding sumur yang kedap air, $K_v = K_h$,

Untuk dinding sumur yang tidak kedap maka diambil nilai $K_{rata-rata}$

$$K_{rata-rata} = \frac{K_v \cdot A_h + K_h \cdot A_v}{A_{total}}$$

Dimana:

$K_{rata-rata}$ = Koefesien permeabilitas tanah rata-rata (m/hari)

K_v = Koefesien permeabilitas tanah pada dinding sumur (m/hari) = $2K_h$

K_h = Koefesien permeabilitas tanah pada alas sumur (m/hari)

A_h = Luas alas sumur resapan lingkaran $\frac{1}{4} \pi D^2$ (m²)
Luas alas sumur resapan dengan penampang persegi P.L (m²)

A_v = Luas dinding sumur resapan lingkaran $\pi D \cdot H$ (m²)
Luas dinding sumur resapan persegi 2. P. L (m²)

c. Menghitung Penampang (storasi) Sumur Resapan

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp}$$

d. Penentuan jumlah Sumur Resapan

Sebelum menentukan berapa jumlah sumur resapan air hujan yang akan digunakan, maka terlebih dahulu dihitung H_{total} pada daerah tersebut:

$$H_{total} = \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{A_h}$$

Sehingga:

$$n = \frac{H_{total}}{H_{rencana}}$$

Dimana:

n = Jumlah sumur sesapan air hujan (buah

H_{total} = kedalaman total sumur resapan air hujan (m)

$H_{rencana}$ = Kedalaman yang direncanakan < kedalaman air tanah (m)

DAFTAR PUSTAKA

- Asmorowati, E. T., Rahmawati, A., Sarasanty, D., Kurniawan, A. A., Rudiyanto, M. A., Nadya, E., & Nugroho, M. W. (2021). *Drainase Perkotaan*. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia.
- Habib, R., Raka, R. R., Sangkawati, S., & Wulandari, D. A. (2017). *Perencanaan Drainase Jalan Pahlawan Dan Jalan Sriwijaya, Semarang*. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(1), 206-219.
- Indramaya, E. A., & Purnama, I. L. (2013). *Rancangan sumur resapan air hujan sebagai salah satu usaha konservasi air tanah di perumahan dayu baru kabupaten sleman daerah istimewa Yogyakarta*. *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(3).
- Muliawati, D. N., & Mardiyanto, M. A. (2015). *Perencanaan penerapan sistem drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) menggunakan sumur resapan di Kawasan Rungkut*. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), D16-D20.
- Muliawati, D. N., & Mardiyanto, M. A. (2015). *Perencanaan penerapan sistem drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) menggunakan sumur resapan di Kawasan Rungkut*. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), D16-D20.
- Prameswari, P. (2017). *Perencanaan drainase jalan lingkaran luar barat surabaya tahap 3 (sta 4+ 000 sampai dengan sta 11+ 502.94)*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sari, A. K. (2017). *Perencanaan Drainase di Kawasan Pusat Kota Palopo*. *Journal Dynamic Saint*, 3(2), 315797.
- SNI: 03-2453-2002. (2002). *Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Jojakarta: Andi.
- Yansyah, R. A., Kusumastuti, D. I., & Tugiono, S. (2016). *Analisa hidrologi dan hidrolika saluran drainase box culvert di jalan Antasari Bandar Lampung menggunakan program HEC-RAS*. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(1), 1-12.

BAB 5

MASALAH-MASALAH DRAINASE DI PERKOTAAN

Oleh Azizah Rokhmawati

5.1 Pendahuluan

Indonesia memiliki iklim tropis dengan berbagai tingkat curah hujan. Saat ini, beberapa daerah di Indonesia mengalami banjir akibat curah hujan tinggi. Faktor selain curah hujan dan perubahan iklim yang menyebabkan banjir antara lain adalah kepadatan pemukiman yang meningkat pesat dan sistem drainase yang perlu diperbaiki. Alih fungsi daerah kondisi daerah terbuka menjadi padat penduduk, termasuk pemukiman, industri, perkantoran, dan perdagangan, juga berkontribusi (Noerhayati & Rokhmawati, 2021).

Drainase merupakan upaya yang dilakukan untuk memberikan manfaat dari pembangunan kota. Saluran dibangun untuk memasukkan air buangan dan bahkan air limbah dari pemukiman warga. Kelebihan air yang ditampung dalam saluran mengalami limpasan dan menyebabkan risiko terjadinya banjir akibat meningkatnya debit air pada saluran tersebut (Rokhmawati et al, 2023).

Tingkat demografi dan kebutuhan perumahan di kota mengakibatkan adanya penggunaan lahan meningkat. Kawasan dengan kondisi awalnya terbuka atau hutan telah beralih fungsi menjadi pemukiman penduduk dan perindustrian. Kondisi ini bukan hanya di kota, tetapi melanda juga daerah hutan lindung dan cagar budaya. Akibatnya daerah yang semula terbuka bisa meresapkan air menjadi daerah permeable dan meningkatkan

aliran permukaan langsung sekaligus mengurangi air yang merembes ke dalam tanah sehingga seluruh aliran air yang terjadi menjadi aliran dan terjadi genangan. (Rachmawati et al, 2020).

Drainase berarti serangkaian tindakan untuk membangun sistem saluran air, yang tujuannya adalah mengurangi aliran air berlebih. Kata ini berasal dari "drainage" yang artinya menghilangkan atau mengalirkan air, dengan harapan daerah tersebut tidak mengalami banjir. (Suripin, 2004).

Drainase perkotaan adalah sistem drainase di definisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau menghilangkan kelebihan air dari suatu kawasan, sehingga kawasan tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal. Fungsi praktis drainase adalah menangani kelebihan air sebelum masuk ke alur utama atau sungai (Suripin, 2004). Pemahaman tentang desain drainase didasarkan pada filosofi bahwa air harus mengalir secepat mungkin dan meminimalkan genangan di daerah layanan. Namun, dengan ketidakseimbangan penggunaan dan ketersediaan air yang semakin meningkat, diperlukan desain drainase yang tidak hanya aman dari genangan tetapi juga mendukung konservasi air.

Sistem saluran drainase adalah upaya untuk mengalirkan air permukaan akibat hujan, dimasukkan ke dalam bangunan saluran. Saluran ini mengalir sampai ke bangunan *outlet*, bangunan sungai terus kemudian ke laut. Dari saluran utama ke saluran sekunder, tersier dan sebagainya. Penataan drainase yang baik akan menjadi dampak yang baik pula dalam penataan kawasan perkotaan.

Dasar utama pembangunan saluran drainase adalah agar penataan kawasan infrastruktur perkotaan juga berjalan dengan baik. Perkotaan tetap bersih, rapi, nyaman dan bebas banjir. kota tetap aman, nyaman, bersih, dan sehat. Saluran di perkotaan baik berupa *surface drainage* maupun *subsurface drainage*. Sesuai dengan kebutuhan perencanaan dan kondisi lingkungan sekitarnya.

Saluran drainase dirancang agar air mengalir ke titik tertentu. Manfaatnya air mengalir ke saluran yang dibangun dan tidak terjadi genangan. Tentu saja saluran yang ada harus memenuhi desain perencanaan dengan dimensi sesuai hitungan banjir rancangan dan saluran tersebut tidak tersumbat oleh sedimen maupun sampah. Sampah dan sedimen dalam saluran menghalanginya lajunya air. Air yang tidak tertampung ke dalam saluran akan melimpas ke jalan dan menjadi genangan.

Kebijakan penerapan drainase mengacu pada UU No. 7 Tahun 2004 tentang Pengelolaan Sumber daya air. Peraturan ini meliputi tentang pemisahan jaringan drainase dan pengumpul air limbah pada kawasan perkotaan, fungsi sungai sebagai pengaliran saluran drainase. Pelaksanaannya meliputi perencanaan, pembangunan, operasi, pemeliharaan, pemantauan, dan evaluasi sistem drainase fisik (Kurdi, 2013).

Saat ini kawasan perkotaan mengalami perubahan tata guna lahan dan pertumbuhan penduduk yang tinggi, paradigma drainase lama bergeser menuju drainase berkelanjutan. Konsep ini mempunyai pengertian bahwa drainase tidak hanya mengalirkan air ke dalam saluran, tapi juga memperbesar infiltrasi ke dalam tanah. memperluas adalah meningkatkan efektivitas air, mengurangi kerugian, serta memperbaiki dan melestarikan lingkungan (Suripin, 2004). Oleh karena itu, diperlukan upaya komprehensif dan integratif yang mencakup semua proses, baik struktural maupun non-struktural.

Selain mengalami ketimpangan air, air drainase juga tercemar oleh cairan limbah dan timbunan sampah. Penanganan yang dilakukan adalah menganalisa drainase dengan metode *ecodrainage* yakni drainase berwawasan lingkungan.

Drainase perkotaan biasanya dibagi menjadi dua, yaitu sistem drainase mayor dan minor. Sistem mayor, atau saluran pembuangan utama, bertugas menampung dan mengalirkan air dari daerah

tangkapan hujan. Sistem ini menangani aliran besar seperti kanal dan sungai, serta direncanakan untuk jangka panjang, sekitar 5 hingga 10 tahun, sehingga memerlukan perencanaan yang mendetail.

Sistem drainase minor memiliki fungsi tambahan untuk menampung dan mengalirkan air dari kawasan tangkapan hujan. Contohnya termasuk selokan di sisi jalan, selokan di sekitar bangunan, gorong-gorong, dan jenis saluran drainase lainnya. Sistem ini biasanya digunakan di lingkungan pemukiman dengan perencanaan jangka pendek antara 2 hingga 10 tahun.

Pada musim hujan, genangan air hampir setiap tahun melanda kota-kota besar di Indonesia, menyebabkan kerugian materiil dan moril yang signifikan serta masalah kesehatan yang serius sehingga memerlukan penanganan segera. Berdasarkan petunjuk teknis dalam Peraturan Menteri PU nomor: 14/PRT/M/2010, suatu daerah dianggap tergenang jika permukiman terendam lebih dari 30 cm selama lebih dari 2 jam dan terjadi lebih dari 2 kali per tahun.

Genangan (*inundasi*) adalah air hujan yang menggenang di daerah rendah atau cekungan yang tidak dapat mengalir ke saluran terdekat. Kondisi terjadi karena saluran tertutup sampah atau sedimen, sehingga air tidak bisa mengalir dengan baik.

Kota-kota di Indonesia juga masih mengalami genangan air, terjadi pada kota yang padat penduduk. Genangan air ini menimbulkan berbagai masalah bagi masyarakat serta mengganggu aktivitas kehidupan masyarakat perkotaan. Permasalahan genangan tidak segera diselesaikan, bisa menimbulkan bencana yang lebih besar, merugikan masyarakat setempat baik berupa harta benda, bahkan. Sistem saluran drainase di permukiman sangat penting untuk menjamin kenyamanan masyarakat, karena banyak kompleks perumahan yang mengalami banjir akibat sistem drainase yang bermasalah atau kurang baik.

Sebanyak 88% dari seluruh kelurahan di kota-kota memiliki saluran drainase perkotaan, namun hanya 48,4% yang kondisinya baik. Efektivitas drainase yang rendah dapat mencerminkan penurunan kualitas layanan drainase akibat waktu dan pengelolaan yang kurang baik. Oleh karena itu, sistem drainase perkotaan perlu ditingkatkan agar kembali berfungsi optimal.

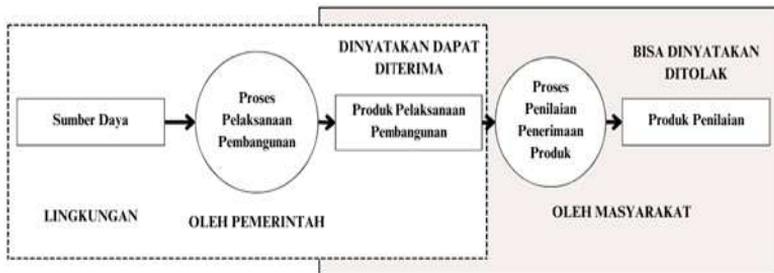
Walaupun sistem drainase perkotaan telah direncanakan sesuai dengan Petunjuk Teknis Penyusunan Rencana Induk oleh pihak berwenang, masalah drainase tetap tidak dapat dihindari. Kompleksitas masalah drainase di perkotaan disebabkan oleh kepadatan dan keberagaman penduduk.

Banjir di perkotaan berawal dari pertumbuhan penduduk yang sangat cepat, pertumbuhannya melebihi rata-rata pertumbuhan nasional. Pertumbuhan penduduk yang tinggi memengaruhi ekonomi, seperti kebutuhan hidup dan ketersediaan lapangan kerja, sehingga banyak orang bermigrasi ke kota, baik musiman maupun permanen.

Pertambahan penduduk tanpa penyediaan infrastruktur yang mencukupi menyebabkan penggunaan lahan di kota menjadi tidak tertib dan kurang sesuai dengan perkembangan wilayah yang tertib dan terencana, memperburuk masalah drainase perkotaan. Rendahnya kesadaran masyarakat terhadap kondisi pembangunan di sekitarnya memperparah situasi ini. Sebagian besar masyarakat lebih fokus pada pemenuhan kebutuhan ekonomi atau primer.

Masalah drainase perkotaan juga disebabkan oleh rendahnya pemahaman akan kepentingan bersama dan kesadaran hukum. Pelaksanaan hukum yang tidak konsisten memperparah masalah. Beberapa proyek pembangunan kurang melibatkan partisipasi aktif masyarakat (Gambar 5.1), sehingga standar pemerintah sering tidak sesuai dengan persepsi masyarakat. Agar hal ini tidak terjadi, kebijakan publik harus melibatkan masyarakat secara aktif (Gambar 5.2), baik dalam pembangunan fisik maupun non-fisik. Proses

pembangunan yang melibatkan masyarakat sejak awal biasanya diterima dengan baik.



Gambar 5.1. Proses Pembangunan Infrastruktur yang kurang melibatkan masyarakat
(Sumber : Suripin, 2004)



Gambar 5.2. Proses Pembangunan Infrastruktur yang melibatkan masyarakat sejak awal, hasilnya diterima oleh masyarakat
(Sumber : Suripin, 2004)

Selain pertumbuhan penduduk, masalah drainase perkotaan lainnya termasuk perubahan tata guna lahan, pengelolaan sampah yang buruk yang menyumbat saluran drainase, amblesan tanah, perubahan iklim, dan sebagainya.

5.2 Masalah-Masalah Drainase di Perkotaan

Drainase permukaan atau *subsurface drainage* adalah drainase yang mengalir di permukaan dan masuk ke dalam saluran. Kawasan perkotaan, memerlukan penataan saluran drainase yang

terpadu dengan terencana, agar tidak terdapat permasalahan-permasalahan yang dapat mengganggu kenyamanan. Dalam sistem drainase perkotaan, pengelolaan drainase bertujuan untuk mengurangi banjir periodik atau kronis di wilayah perkotaan (Emelia, 2022).

Sistem tata ruang kota, terdapat beberapa masalah seperti peningkatan jumlah penduduk, kebutuhan lahan dan fasilitas kota yang bertambah, perubahan penggunaan lahan, serta perubahan kondisi lingkungan dan sosial budaya.

Penting untuk mengidentifikasi masalah drainase di perkotaan untuk menemukan penanganan yang tepat dan perencanaan drainase yang lebih baik di masa depan. Berikut adalah beberapa masalah yang sering dihadapi oleh sistem drainase perkotaan (Andayani dkk, 2012):

1. Pertumbuhan Penduduk yang Cepat.

Di kawasan perkotaan, laju pertumbuhan penduduk lebih tinggi daripada di pedesaan. Ini berarti lebih banyak sampah dan limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia. Tanpa penambahan sistem drainase yang memadai, hal ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan.

2. Sistem Drainase yang Tidak Memadai.

Banyak kota memiliki sistem drainase yang tidak dirancang untuk menangani volume air hujan yang besar, sehingga menyebabkan genangan dan banjir seperti kondisi di bawah ini.



Gambar 5.3. Kondisi Genangan Perkotaan
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2021)

3. Pengelolaan Sampah yang Buruk.
Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, pengelolaan sampah membutuhkan perhatian lebih. Sampah yang tidak terkelola dengan baik dapat menimbulkan pendangkalan dan penyempitan saluran drainase, yang pada akhirnya terjadi genangan atau banjir.
4. Perubahan Penggunaan Lahan.
Urbanisasi yang cepat mengubah lahan hijau menjadi permukaan kedap air seperti aspal dan beton, yang memperburuk masalah drainase.
5. Pembangunan Infrastruktur yang Tidak Terencana.
Pembangunan tanpa memperhatikan sistem drainase dapat mengganggu aliran air dan menyebabkan masalah lebih lanjut.
6. Tanah Ambles.
Pengambilan air tanah di sekitar bangunan drainase, mempengaruhi kekuatan daya dukung tanah dan menyebabkan amblesnya tanah. Beberapa bagian kawasan perkotaan bisa terjadi amblesan tanah saat musim hujan, akibat melimpahnya aliran permukaan dan pembangunan saluran drainase yang kurang tepat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4. Kondisi Amblesan tanah
(Sumber : bisik.id, 2024)

7. Perubahan Iklim.
Perubahan iklim memicu fenomena cuaca ekstrem yang dapat menyebabkan hujan lebat dan meningkatkan risiko banjir.
8. Kurangnya Kesadaran Masyarakat.
Banyak warga yang tidak menyadari pentingnya menjaga kebersihan saluran drainase dan dampak negatif dari pembuangan sampah sembarangan.
9. Kurangnya Koordinasi dengan Infrastruktur lain.
Minimnya koordinasi dengan pihak seperti PLN dan PDAM saat pembangunan infrastruktur kota menimbulkan masalah seperti tiang listrik di saluran drainase atau pipa PDAM yang melintang di saluran. Akibatnya, prasarana yang ada rusak dan fungsi aliran drainase terganggu.
10. Kesadaran masyarakat yang rendah akan masalah drainase perkotaan
Kesadaran masyarakat tentang masalah drainase perkotaan masih rendah, termasuk pengelolaan limbah rumah tangga.
11. Dampak Reklamasi.
Reklamasi pantai mempengaruhi pasang surut air laut. Saluran drainase di dekat wilayah sungai rentan terhadap pasang surut dan dapat memicu terjadinya banjir *rob*.

Solusi untuk masalah ini meliputi perbaikan infrastruktur drainase, pengelolaan sampah yang lebih baik, penataan ruang kota yang mempertimbangkan aspek drainase, serta edukasi kepada masyarakat mengenai pentingnya menjaga saluran air. Masalah drainase perkotaan adalah isu yang kompleks. Faktor yang berkontribusi dan memerlukan pertimbangan yang matang dalam perencanaan, antara lain:

1. Meningkatkan Volume Air dan Pengelolaan Sampah yang Buruk

Pengelolaan sampah yang kurang baik mempercepat pendangkalan atau penyempitan saluran drainase. Akibatnya, kapasitas saluran berkurang, tidak mampu menampung debit air yang meningkat, menyebabkan genangan dan luapan air.

2. Peningkatan jumlah penduduk

Jumlah penduduk di kawasan perkotaan tumbuh dengan sangat cepat, baik karena pertambahan alami maupun urbanisasi. Pertumbuhan penduduk ini diikuti oleh peningkatan infrastruktur yang lain.

5.3 Penanganan Permasalahan Drainase Perkotaan

Masalah drainase perkotaan harus diperhatikan dengan serius karena dapat mempengaruhi kenyamanan hidup masyarakat. Memperbaiki atau membangun saluran drainase bukan satu-satunya cara untuk mengatasi masalah ini. Berikut beberapa solusi yang diusulkan oleh Nadya dkk. (2021) untuk menangani masalah drainase di perkotaan.

1. Sosialisasi Kepada Warga: Memberi pemahaman kepada warga tentang pentingnya membuang sampah pada tempatnya untuk mencegah penyumbatan aliran sungai dan saluran air akibat sampah. Edukasi ini berkontribusi pada pengelolaan drainase yang lebih efektif. Mengajarkan masyarakat tentang pentingnya membuang sampah pada

- tempatnya, karena aliran sungai dan saluran air akan tersumbat karena sampah tersebut.
2. Penerapan Sanksi yang Jelas: Memberikan sanksi tegas kepada individu yang membuang sampah sembarangan ke saluran drainase dan sungai.
 3. Mendirikan Bangunan Tangki dan Filter Pengolahan: Membangun tangki pengelolaan dan filter untuk mengolah air limbah secara cepat.
 4. Konservasi Alam: Meningkatkan upaya konservasi alam untuk menjaga keseimbangan lingkungan.
 5. Pengelolaan Air Hujan: Menampung air hujan dan mengatur limpasan melalui fasilitas yang dapat menampung air hujan, serta membuat daerah resapan air sebagai cadangan air tanah.

Selain itu, upaya lain yang dapat dilakukan meliputi peningkatan infrastruktur drainase dengan sistem yang lebih modern dan efisien, serta penerapan teknologi hijau untuk mendukung pengolahan air hujan yang berkelanjutan. Pemerintah dan pihak terkait juga harus bekerjasama dengan masyarakat untuk memastikan pengelolaan drainase yang efektif dan berkelanjutan.

5.3.1 Isu Strategis

Kondisi sistem drainase di Indonesia tidak terlepas dari beberapa isu dalam penanganan sistem drainase perkotaan, di antaranya:

1. Pengaturan Sistem Drainase.
Masyarakat perkotaan banyak yang belum memahami fungsi drainase, apakah hanya untuk mengalirkan air hujan atau untuk mengalirkan air limbah permukiman ("*grey water*"). Perbedaan fungsi dan karakteristik antara drainase dan air limbah dapat menimbulkan masalah di daerah hilir, terutama jika ada

sampah yang dibuang ke saluran mengakibatkan aliran air tidak lancar atau tersumbat.

2. Pengaturan Fungsi Lahan Basah.

Perlu adanya regulasi yang mengatur pembangunan di area lahan seperti rawa, situ, dan embung. Pengaturan tersebut seharusnya memastikan bahwa pengembangan daerah-daerah tersebut diimbangi dengan penggantian di daerah pengambilan air yang sama untuk menghindari peningkatan aliran permukaan (*runoff*).

3. Pengendalian Debit Puncak.

Daerah bangunan pemukiman padat dan kurang adanya daerah terbuka untuk resapan, perlu ada aturan untuk menyediakan penampungan air sementara untuk menghindari aliran puncak. Ini bisa dilakukan dengan membuat sumur resapan, kolam retensi atau waduk sementara yang menyimpan kelebihan air hujan dan kemudian bisa dialirkan secara bertahap.

4. Kelengkapan Perangkat Peraturan.

Aspek hukum yang perlu dipertimbangkan dalam rencana penanganan drainase permukiman di daerah meliputi:

- a. Penyusunan Peraturan Daerah tentang ketertiban umum, termasuk pencegahan pengambilan air tanah secara besar-besaran, pembuangan sampah di saluran, larangan pengurangan lahan basah, dan penggunaan daerah resapan air, serta sanksi yang diterapkan.
- b. Koordinasi dengan utilitas kota lainnya seperti jalur, kedalaman, dan posisi untuk saling menunjang kepentingan.
- c. Peran serta masyarakat dan swasta, sehingga mereka ikut berkontribusi dalam pemeliharaan infrastruktur yang ada.

- d. Penyusunan Peraturan Daerah yang memuat struktur organisasi, uraian tugas, serta tanggung jawab personel yang dibutuhkan dalam penanganan drainase.
5. Penanganan Drainase Belum Terpadu.
Pembangunan perencanaan sistem drainase di Indonesia saat ini masih menghadapi tantangan besar karena sistem drainase utama dan lokal belum direncanakan secara terpadu. Masalah utama yang sering terjadi meliputi perbedaan *peil* (elevasi permukaan) banjir yang tidak seragam, desain kala ulang yang tidak tepat, serta terbatasnya ketersediaan masterplan drainase yang komprehensif baik di tingkat kota maupun regional. Akibatnya, para pengembang tidak memiliki panduan yang jelas dalam merancang sistem drainase lokal yang terintegrasi dengan sistem utama, sehingga pengelolaan air permukaan hanya bersifat parsial dan terbatas pada wilayah pengembangan masing-masing.

5.3.2 Penanganan Masalah Drainase

Permasalahan drainase yang telah disebutkan sebelumnya, memerlukan beberapa upaya yang dilakukan untuk mencegah terjadinya genangan atau banjir di perkotaan. Penanganan banjir dapat dibagi menjadi dua kategori utama yaitu:

1. Penerapan Teknik Hidraulik.
Penerapan aspek hidraulik ini bertujuan untuk menangani masalah drainase yang disebabkan oleh kondisi alam. Beberapa langkah yang dapat dilakukan meliputi:
 - a. Kegiatan perencanaan yang berpedoman pada kriteria hidrologi, hidraulik, dan struktur perencanaan sesuai aturan yang berlaku.
 - b. Pelaksanaan pembangunan yang sesuai dengan peraturan pelaksanaan, spesifikasi administrasi, spesifikasi teknik, dan gambar perencanaan yang ada.

- c. Pelaksanaan operasi dan pemeliharaan yang berpedoman pada kriteria sistem drainase perkotaan serta peraturan pelaksanaan operasi dan pemeliharaan yang ada.

2. Pembenahan Aspek Non Struktural.

Pembenahan aspek non struktural bertujuan untuk menangani masalah yang diakibatkan oleh perilaku manusia dalam pembangunan sistem drainase perkotaan. Langkah-langkah yang bisa dilakukan meliputi:

- a. Pemantapan peraturan perundangan terkait sampah, perumahan, pemetaan banjir, masterplan drainase, dan lain-lain.
- b. Pemantapan organisasi pengelola yang ada secara berkesinambungan.
- c. Penyediaan dana yang mencukupi, baik untuk pembangunan maupun biaya operasi dan pemeliharaan.
- d. Peningkatan peran serta masyarakat dan swasta dalam penanganan drainase perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, S., Yuwono, B.E. & Soekrasno. (2012) “Indikator tingkat layanan drainase perkotaan”, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, 11(2), pp.148–157.
- Bisik.id (2024) “Jalan Raya Muharto Malang ambles, penyebabnya drainase tua!”, *Bisik.id*, 21 Oktober.
- Emelia (2022) “Permasalahan sistem saluran drainase di Kota Banjarmasin”, *Seri Publikasi Pembelajaran (Pendidikan Lingkungan Hidup) Universitas Lambung Mangkurat*, 1(1).
- Kurdi, H. & Zairin, A. (2013) “Studi Drainase Berwawasan Lingkungan Untuk Jalan Pangeran Antasari Banjarmasin”, *Info Teknik Universitas Lambung Mangkurat*, 14(2), pp.126–136.
- Nadya, E. *et al.*, (2021) *Drainase Perkotaan*. Tasikmalaya: Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI).
- Noerhayati, E. & Rokhmawati, A. (2021) “Studi Evaluasi Drainase Di Kecamatan Singosari Kabupaten Malang”, *Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Islam Malang*, 9(4), pp.312–321.
- Rachmawati, A., Suhardjono, S., Andawayanti, U. & Juwono, P.T. (2020). “*In situ permeability and shape factor of flat-base recharge wells using variations of porous walls*”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 437, 012031.
- Rokhmawati, A., Fachrurozi Ilhamsyah & Bambang Suprpto (2023) “*Recharge Wells Model Based On Shape Factors For Flood Management In Klojen District, Malang City*”, *Journal Innovation of Civil Engineering (JICE)*, 4(2), pp. 185–194.
- Suripin (2004) *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.

BIODATA PENULIS



Dr. Amrullah Mansida, ST., M.T., Asean Eng.

Dosen Program Studi Teknik Pengairan
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Menyelesaikan pendidikan S_1 pada program Studi Teknik pengairan Unismuh Makassar, melanjutkan S_2 dan penyelesaian S_3 program Studi Teknik Sipil di Universitas Hasanuddin. Penulis menekuni bidang Menulis Teknik sipil, Teknik Sungai, Morfologi Sungai, Drainase Perkotaan, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Pengembangan Sumber Daya Air, Insinyur Indonesia, Sistem manajemen K3, Manajemen Risiko; Teori, Kasus, dan Solusi serta Etika Profesi Teknik, Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, metode penelitian dan pengembangannya, dan Manajemen Teknik: Panduan Praktis untuk Keberhasilan Dalam proyek Teknik

Pengalaman penulis sebagai mengajar matakuliah Hidrologi Teknik I, Hidrologi Teknik II, Marfologi Sungai, Teknik Sungai, Pengembangan Sumber Daya Air, Perencanaan dan pengelolaan Waduk, Etika Profesi, dan Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), sampai sekarang. Selain menjadi pengajar di kampus

penulis mengabdikan keilmuannya dengan berpartisipasi membangun bangsa melalui keterlibatan sebagai konsultan perencanaan, pengawasan bidang pengembangan sumber daya air dan menjadi asesor sertifikat SKA Asosiasi serta asesor BKD.

BIODATA PENULIS



Amalia Nurdin, S.T., M.T

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Ujung Pandang tanggal 12 Desember 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat. Penulis menamatkan Pendidikan Dasar di SD Kelapa Tiga Satu Makassar, SLTP Negeri 1 Makassar, dan SMA Negeri 1 Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 tahun 2010 pada Program Studi Teknik Kelautan dan melanjutkan S2 tahun 2013 di Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Mengawali karir di Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Polewali Mandar dan melanjutkan karir di bidang Telecommunication Engineering di Makassar. Pada akhir tahun 2018 lulus PNS dalam formasi dosen Asisten Ahli pada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi dan di tempatkan di Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat Program Studi Teknik Sipil konsentrasi Keairan dan mengampu mata kuliah Drainase, Irigasi dan Bangunan Air, Pengembangan Sumber Daya Air dan Rekayasa Hidrologi. Penulis sebelumnya telah menulis buku chapter yang pertama dengan judul Pengelolaan Air Limbah.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Wati Asriningsih Pranoto, M.T.
Kepala Bagian Keairan Teknik Sipil Untar
Fakultas Teknik

Penulis lahir di Jakarta tanggal 3 Oktober 1965. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Tarumanagara. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara dan melanjutkan S2 pada Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Indonesia serta menyelesaikan S3 di Institut Teknologi Bandung.

Penulis menangani beberapa mata kuliah seperti Rekayasa Hidrologi, Teknik Sungai, Struktur Hidrolik serta Irigasi dan Bangunan Air.

Penulis selalu aktif dalam melakukan penelitian serta mempublikasi hasil penelitian yang dilakukan baik dalam bentuk jurnal maupun prosiding.

Penulis merupakan salah satu orang yang menekuni bidang pendidikan dan juga menjadi seorang praktisi. Hal ini membuat apa yang dituliskan oleh penulis tidak hanya berdasarkan teori namun ada aspek pertimbangan dari kacamata praktisi.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: watip@ft.untar.ac.id

BIODATA PENULIS



Ir. M. Aguslim, ST., MT.

Dosen Program Studi Teknik Pengairan
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Penulis lahir di Palopo tanggal 12 Agustus 1975. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar sejak tahun 2013. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil tahun 2008 pada jurusan Teknik Sipil Program Studi Teknik Pengairan di Universitas yang sama dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Sipil Program Studi Sumber Daya Air Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2013 dan selesai pada tahun 2018, selain mengajar penulis juga aktif dalam berbagai organisasi baik organisasi sosial kemasyarakatan (Muhammadiyah) juga organisasi profesi (PII).

BIODATA PENULIS



Dr. Azizah Rokhmawati, ST, MT.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Penulis lahir di Malang pada 9 Mei 1972. Saat ini, menjadi dosen tetap di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang. Gelar Sarjana Teknik (S.T.) diperoleh pada tahun 2008 dari Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Malang. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Magister Teknik (M.T.) di Program Pascasarjana Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, dengan minat khusus pada sumberdaya air. Gelar Doktor (Dr.) diraih pada tahun 2021 dari Program Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

Di samping berprofesi sebagai dosen, penulis saat ini terdaftar sebagai pengurus FORDAS (Forum DAS) Jawa Timur dalam bidang sumber daya air. Penulis juga aktif menghadiri seminar ilmiah dan menulis di jurnal serta prosiding, baik skala nasional maupun internasional. Topik penelitian yang menjadi fokus penulis antara lain adalah masalah drainase perkotaan, sumur resapan, dan teknik pengelolaan sungai.