

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Sistem Penyediaan Air Bersih**

Penyediaan air minum atau air bersih adalah proses penyediaan air bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat agar dapat hidup sehat, bersih, dan produktif, seperti yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum. Sarana prasarana dan sistem penyediaan air minum membentuk suatu sistem penyediaan air minum atau yang lebih dikenal dengan istilah SPAM.

Menurut Peraturan Menteri PU No. 18 Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, beberapa istilah didefinisikan sebagai berikut:

1. Air yang memenuhi standart kualitas tertentu sebagai air baku untuk air minum, berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah, atau air hujan
2. Air minum adalah air yang digunakan untuk kebutuhan rumah yang dapat dikonsumsi dan telah atau belum melalui proses pengolahan

#### **2.2 Perhitungan Jumlah Penduduk**

Ada beberapa rumus atau perhitungan yang dapat digunakan pada menentukan populasi penduduk pada perumahan bataria land kabupaten gowa, salah satu dari perhitungan yang digunakan ialah dengan per hitungan sesuai kriteria desain jumlah penduduk.

**Tabel 2. 1** kriteria desain penduduk

Jenis Land Use	kriteria desain	satuan	sumber
Rumah tinggal	5	orang	Ditjen cipta karya PU 2000
ruko	1	pengunjung	SNI 03.1733-2004
	4	pegawai	estimasi
sekolah	1080	murid/sekolah	SNI 03.1733-2004
	20-40	karyawan/sekolah	estimasi
mesjid	50	orang	SNI 03.1733-2004

Sumber : SNI 2004

### 2.3 Kebutuhan Air Bersih

Terdapat dua kategori kebutuhan air bersih, yaitu kebutuhan domestik dan non-domestik. Masing-masing ditentukan oleh volume air bersih yang dibutuhkan setiap hari, yang bergantung pada penggunaan air untuk kegiatan masyarakat seperti irigasi, peternakan, industri, pemeliharaan sungai/drainase, dan fasilitas umum non-rumah tangga (perkantoran, lembaga pendidikan). Kebutuhan air yang dihitung terutama terdiri dari irigasi, peternakan, industri, pemeliharaan sungai/drainase, dan fasilitas umum non-rumah tangga seperti perkantoran dan sekolah. Oleh karena itu, hal ini tergantung pada ekonomi, tingkat pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, degradasi lingkungan dan peningkatan industrialisasi karena faktor-faktor ini mempengaruhi kebutuhan air.

#### 2.3.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik didefinisikan sebagai kebutuhan air yang digunakan untuk berbagai kegiatan domestik seperti minum, mandi, mencuci, dan lain-lain. Tabel berikut ini menunjukkan kebutuhan air domestik berdasarkan kelas kota berdasarkan standar kebutuhan air yang ditetapkan dalam SNI 6728.1:2015

**Tabel 2. 2** kriteria desain kebutuhan air

No	kategori kota	jumlah penduduk	penyedia air
			(l/orang/hari)
1	semi urban	3000-20000	60-90
2	kota kecil	20000-100000	90-110
3	kota sedang	100000-500000	100-120
4	kota besar	500000-1000000	120-150
5	metropolitan	>1000000	150-200

Sumber : SNI 2004

### 2.3.2 Kebutuhan Air Non-Domestik

Langkah selanjutnya dalam memperkirakan kebutuhan air bersih adalah menentukan kebutuhan air non-domestik, yang merupakan volume air yang digunakan oleh fasilitas umum dan fasilitas sosial serta konsumen non-domestik lainnya. Hal ini dapat dipengaruhi oleh pertumbuhan populasi, jenis fasilitas dan perluasannya, serta perkembangan sosial-ekonomi yang dapat mempengaruhi jumlah fasilitas tersebut.

Standar kebutuhan air non-domestik juga memiliki aspek air bersih di luar kebutuhan rumah tangga, seperti untuk industri dan perdagangan, serta fasilitas terkait seperti perkantoran, tempat ibadah, dan fasilitas kesehatan.

## 2.4 Kapasitas Dan Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Penentuan kebutuhan air merujuk pada kebutuhan air harian maksimum ( $Q_{max}$ ) dan kebutuhan air pada jam puncak ( $Q_{peak}$ ). dengan referensi dari kebutuhan air rata-rata harian ( $Q_{avg}$ ).

### 2.4.1 Kebutuhan Air Haria Rata-Rata

Kebutuhan air harian rata-rata ( $Q_{avg}$ ) adalah penjumlahan dari kebutuhan non-domestik dan domestik, ditambah dengan kehilangan air.

### 2.4.2 Kehilangan Air

Perbedaan antara jumlah air yang diproduksi di unit pengolahan dan jumlah air yang digunakan oleh masyarakat disebut kehilangan air. Kehilangan air terdiri dari kehilangan air secara non-teknis dan teknis. Istilah “kehilangan air” dapat ditafsirkan dalam tiga cara kehilangan air rencana, kehilangan air insidental, kehilangan air percuma.

Kehilangan air secara teknis merupakan sumber utama kehilangan air, yang disebabkan oleh kebocoran pipa air. Sumber kehilangan air lainnya berkaitan dengan kehilangan komersial: sambungan yang tidak sah, penggunaan air yang tidak sesuai, ketidakteraturan pada perangkat meteran, dan meteran yang sudah ketinggalan zaman. Selain itu, perencanaan kehilangan air juga mempertimbangkan kebutuhan dari unit Instalasi Pengolahan Air, seperti air yang dibutuhkan untuk pencucian kembali di unit saringan pasir. Nilai kehilangan air berkisar antara 15 - 25% dari kebutuhan air bersih normal.

### 2.4.3 Kebutuhan Air Harian Maksimum

Kebutuhan air hari maksimum ( $Q_{max}$ ) merupakan kebutuhan air tertinggi masyarakat dalam seminggu pada hari-hari tertentu; biasanya hari-hari tersebut adalah akhir pekan. Faktor fluktuasi kebutuhan harian maksimum,  $f_{max}$ , harus diterapkan untuk mendapatkan kebutuhan hari maksimum yang nilainya berkisar antara 1,1 dan 1,5.

$$Q_{max} = f_{max} \times Q_{avg}$$

$$Q_{max} = \text{Kebutuhan air harian maksimum (l/s)}$$

$$f_{max} = \text{faktor harian (1,1 ~ 1,5)}$$

$$Q_{avg} = \text{Kebutuhan air rata-rata harian (l/s)}$$

### 2.4.4 Kebutuhan Air Jam Puncak

Kebutuhan air pada jam puncak adalah jumlah air yang dikonsumsi selama beberapa jam dalam sehari, biasanya pada pagi dan malam hari. Faktor fluktuasi kebutuhan jam puncak,  $f_{peak}$ , yang nilainya berada di antara 1,5 dan 2,5, dihitung untuk memperkirakan kebutuhan air selama jam puncak pada sebagian besar kasus.

$$Q_{\text{peak}} = f_{\text{peak}} \times Q_{\text{avg}}$$

$Q_{\text{peak}}$  = Kebutuhan air jam puncak (l/s)

$f_{\text{peak}}$  = Faktor fluktuasi jam puncak (1,5 ~ 2,5)

$Q_{\text{avg}}$  = Kebutuhan air rata-rata (l/s)

## **2.5 Sistem Pengaliran Air Bersih**

Sistem pengaliran pipa air bersih ini adalah elemen utama yang memungkinkan aliran air dari satu titik simpul ke titik simpul lainnya. Pada dasarnya, ada tiga jenis sistem distribusi air bersih: gravitasi, pompa, dan sistem kombinasi.

### **2.5.1 Sistem Pengaliran Air Dengan Gravitasi**

Sistem pengaliran gravitasi ini adalah jenis sistem pengangkutan gravitasi, yang dioperasikan dengan menggunakan energi potensial gravitasi karena perbedaan ketinggian antara sumber dan tangki air.

Dengan memanfaatkan gaya gravitasi daerah tersebut, air bersih disebarkan ke daerah layanan. Aturan untuk strategi ini adalah bahwa harus ada tingkat kontras yang memadai antara sumber air baku, tempat penampungan, dan wilayah administrasi.

### **2.5.2 Sistem Pengaliran Air Kombinasi**

Sistem kerja pengaliran kombinasi adalah kerangka kerja transportasi air yang menggabungkan dua sistem kerja pengaliran, khususnya sistem pengaliran gerakan gravitasi dan pompa untuk mengalirkan air dari sumber air atau reservoir ke tangki air.

### **2.5.3 Sistem Pengaliran Air Menggunakan Pompa**

Sistem pendorong memompa energi ke dalam aliran air untuk mengangkatnya ke ketinggian yang lebih tinggi. Sistem pengaliran pompa digunakan karena lokasi sumber air lebih rendah atau tidak berbeda ketinggiannya dengan lokasi tangki air. Distribusi air ke area layanan dilakukan dengan tekanan dari pompa, yang diatur seminimal mungkin untuk menghindari rusaknya pipa layanan yang akan direncanakan

## **2.6 Sistem Jaringan Pipa Induk**

Pipa utama adalah pipa yang menghubungkan pipa utama jaringan ke penampungan air. Jenis sistem pengaliran pipa ini memiliki diameter yang paling besar. Pipa ini umumnya dibuat untuk mencapai masa pakai hingga sepuluh tahun. Pipa servis atau pipa yang langsung mengalirkan air ke pelanggan tidak dapat disambungkan langsung ke pipa utama agar tidak mengganggu kestabilan aliran.

Sistem ini meliputi sistem jaringan pipa seri, sistem jaringan pipa bercabang, sistem jaringan pipa melingkar, dan sistem jaringan pipa kombinasi, yang membentuk sistem utama untuk distribusi air bersih.

### **2.6.1 Sistem Jaringan Pipa Seri**

Sistem jaringan pipa yang hanya memiliki satu sumber dan satu ujung, dengan satu simpul yang menghubungkan dua pipa, disebut sistem jaringan seri. Sistem pipa seri biasanya ditemukan di daerah kecil untuk distribusi air bersih.

### **2.6.2 Sistem Jaringan Pipa Bercabang**

Sistem jaringan pipa bercabang mempunyai bentuk yang bercabang yang menyerupai cabang sebuah pohon, sistem ini disebut sebagai “cabang” karena bentuknya, yang bercabang dengan garis buntu. Pipa utama biasanya selalu berada di tengah-tengah area layanan. Pipa sekunder terhubung ke pipa utama, sedangkan pipa tersier terhubung ke pipa sekunder dan kemudian ke pipa servis. Dalam sistem ini, sebuah area disuplai oleh satu pipa dan arah aliran selalu sama.

Sistem bercabang adalah jaringan pipa yang mengarahkan air ke satu arah melalui pipa-pipa distribusi yang tidak saling berhubungan. Ada titik mati di setiap ujung pipa akhir di mana air mengalir melalui satu jalur. Karena jaringan jalan tidak saling terhubung, topografi yang landai ke satu arah, dan biaya yang lebih rendah, sistem bercabang biasanya ditemukan di daerah kota yang panjang.

### **2.6.3 Sistem Jaringan Pipa Melingkar**

Jaringan pipa tanpa jalan buntu disebut sistem melingkar. Tidak seperti sistem bercabang, bagaimanapun, sistem melingkar memiliki keseimbangan aliran yang dapat dengan mudah diatur untuk mengalirkan air. Area layanan menentukan

penerapan sistem melingkar, yang lebih mahal dibandingkan dengan sistem bercabang.

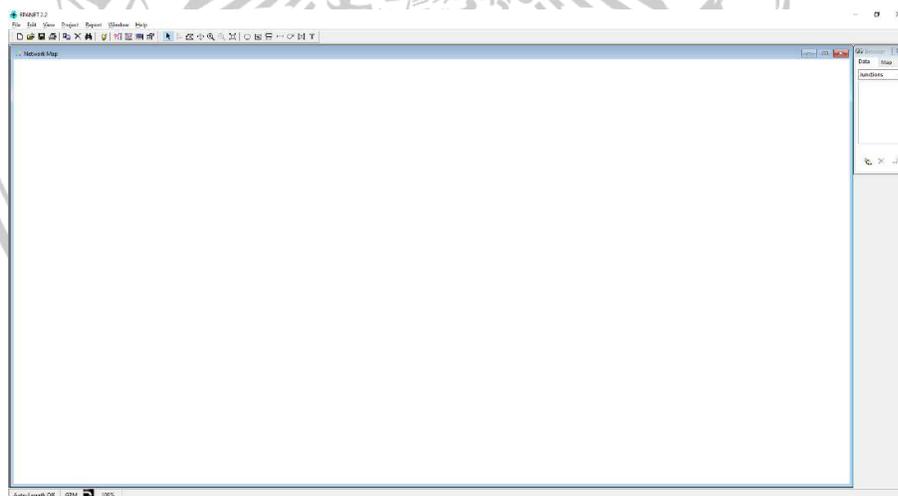
Dalam sistem ini, jalur utama terletak di pusat area dan beberapa mengelilingi area layanan. Kedua titik sadap pipa sekunder mengelilingi sekeliling area layanan. Pada akhirnya, kedua pipa ini bertemu kembali. Sistem ini adalah sistem yang paling ideal.

#### 2.6.4 Sistem Jaringan Pipa Gridiron

Sistem ini pada dasarnya merupakan sistem melingkar, meskipun tidak ada pipa utama yang melingkar, namun pada dasarnya sistem ini melingkar. Di bawah satu kotak terdapat pipa utama, pipa sekunder, dan pipa servis utama, semuanya terhubung ke pipa utama. Ini adalah sistem yang paling banyak digunakan..

#### 2.7 Simulasi Aplikasi EPANET

Dengan adanya desain jaringan, proses simulasi dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak komputer. Beberapa program komputer yang digunakan untuk simulasi hidraulik jaringan air bersih antara lain adalah Epanet, WaterCad, WaterNet. Yang digunakan dalam tulisan ini untuk simulasi tekanan di PC adalah Epanet. Jaringan pipa distribusi air bersih secara hidraulik dapat disimulasikan atau digambarkan dengan menggunakan program komputer open source Epanet yang dikembangkan oleh US EPA.



**Gambar 2. 1** tampilan interface EPANET 2.2

### 2.7.1 Input Data Aplikasi EPANET

Jaringan air bersih digambarkan di Epanet dengan node, titik sambungan pipa, dan link, yang sekali lagi merupakan sambungan dari node. Jaringan air bersih hanya dapat digambarkan dengan data masukan seperti elevasi dan kebutuhan dasar untuk node dan diameter, panjang, dan koefisien kekasaran untuk pipa. Selanjutnya, satuan aliran harus disesuaikan dengan satuan dalam studi perencanaan ini, lt/dtk untuk liter per detik..

Selanjutnya, persamaan yang akan digunakan untuk menghitung headloss jaringan dipilih. Dalam simulasi hidraulik, persamaan Hazen-William, Darcy-Weisbach, dan Chezy-Manning dapat digunakan. Pada tugas akhir ini, dipilih metode Hazen-Williams. Untuk membuat simulasi yang lebih mendekati keadaan sebenarnya, jaringan pipa distribusi harus digambar secara lengkap. Parameter pompa dan katup juga harus digambar dan diisi sesuai dengan rencana, selain node dan link.

### 2.7.2 Output Data

Setelah jaringan pipa digambar dengan mendekati kondisi sebenarnya, serta dipilih persamaan yang digunakan untuk analisa, Epanet dapat menjalankan running analisa hidrolis terhadap jaringan. Hasil dari running tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik parameter hidrolis. Parameter penting yang perlu diperhatikan dalam sistem distribusi air bersih adalah nilai sisa tekanan (pressure) yang berada pada junction, dan velocity yang berada pada pipe.

Sisa head air pada suatu junction dapat berubah-ubah dipengaruhi oleh besarnya energi dari sumber awal. Kriteria pressure di setiap junction sebaiknya lebih dari 10 meter. Apabila pressure kurang dari 10 meter, air bersih dikhawatirkan tidak dapat menjangkau seluruh area pelayanan.

Kecepatan aliran air bersih dalam pipa (velocity) juga merupakan parameter penting untuk melihat keseragaman tekanan air pada setiap junction. dengan 2 meter per detik (m/s). Apabila kecepatan air di bawah 0.3 m/s, tekanan air akan cenderung rendah, sementara jika di atas 2 m/s, akan terjadi pengikisan yang besar oleh aliran air terhadap dinding pipa.

Sementara itu, nilai kehilangan tekan (headloss) dalam pipa juga harus diperhatikan. Nilai headloss harus kurang dari 10 m/km, karena jika headloss lebih dari 10 m/km maka akan terjadi pembuangan energi yang percuma, sehingga sisa head air akan menjadi kecil, dan dikhawatirkan air tidak dapat menjangkau hingga rumah pelanggan yang paling jauh. Kecepatan air dan nilai headloss dapat dijaga sesuai kriteria dengan menentukan diameter pipa yang tepat.

## **2.8 Perencanaan Instalasi Air Kotor**

Perencanaan adalah proses menetapkan serangkaian keputusan yang akan dilaksanakan di masa depan untuk memenuhi tujuan tertentu. Aspek-aspek berikut ini menjadi pertimbangan ketika merancang instalasi air kotor: Berkelanjutan, Terpadu, Efektif dan Efisien.

### **2.8.1 Instalasi air kotor**

Air kotor adalah limbah dari toilet, kakus, dapur dan tempat mencuci yang berasal dari limbah rumah tangga, tempat kerja perumahan, restoran, rumah sakit, dan lain-lain yang dihasilkan di rumah, tetapi tidak termasuk air limbah industri dan air. Sebuah sistem rakitan air, sistem saluran pembuangan menghilangkan atau mengurangi air yang tercemar dari semua zona perumahan maupun komersial.

Instalasi air kotor sendiri merupakan fasilitas yang ada di dalam rumah tinggal, yang meliputi saluran pembuangan dari sekitar rumah ke saluran atau got di luar pekarangan, bak kontrol di tempat-tempat tertentu dengan jarak 15 meter jika saluran air kotornya menerus, kemiringan kurang dari 2 persen agar aliran air lancar, dan saluran air kotor yang lancar dari water closet ke septiktank hingga saluran tersebut tersambung ke resapan.

Seperti yang dapat dilihat dari uraian di atas, air kotor, juga disebut sebagai air limbah atau air buangan, adalah buangan cair dan mengandung sisa-sisa limbah dari perumahan. Fasilitas dengan saluran pembuangan yang ditempatkan di dalam bangunan tempat tinggal disebut instalasi air.

### **2.8.2 Analisa Pengaliran Air**

Rumus aliran untuk aliran saluran terbuka pada penampang melintang saluran melingkar (pipa melingkar) menjadi dasar analisis aliran. Debit adalah

rangkuman dari luas penampang yang dialirkan dan kecepatan aliran dalam suatu saluran. Sehingga perumusan debit saluran di bawah ini dapat digunakan:

$$Q = V \times A$$

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

Dimana :

Q = debit yang mengalir di dalam saluran (m<sup>3</sup>/s)

V = kecepatan aliran air pada saluran (m/s)

R = jari-jari hidrolis pipa (m)

S = kemiringan dasar saluran

A = luas penampang saluran yang di aliri zat cair (m<sup>2</sup>)

n = koefisien kekasaran untuk aliran melalui pipa, nilainya dapat dilihat pada

**Tabel 2.3.**

**Tabel 2. 3** koefisien manning (n) aliran dalam pipa

Tipe Pipa	koefisien manning (n)	
	minimal	maksimum
kaca, kuningan atau tembaga	0,009	0,013
Permukaan seng halus	0,010	0,013
kayu	0,010	0,013
besi tulang	0,011	0,015
beton precast	0,011	0,015
permukaan mortar semen	0,011	0,015
pipa tanah dibakar	0,011	0,017
besi	0,012	0,017
batu dengan mortar semen	0,012	0,017
baja dikeiling	0,017	0,020
permukaan batu dengan semen	0,020	0,024

Sumber : SNI 2004

$$R = \frac{A}{P}$$

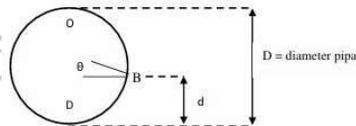
Dimana:

R = jari-jari hidrolis penampang (m)

A = luas penampang ter aliri zat air (m<sup>2</sup>)

P = keliling basah saluran (m)

Luas penampang yang teraliri air dapat di hitung keliling basahnya dengan rumus penampang saluran yang berbentuk lingkaran. Sehingga perumusan dapat dijabarkan di bawah ini:



**Gambar 2. 2** Penampang pipa

Rumus keliling basah penampang

P = keliling basah

$$= \frac{2\theta}{360} \times 2\pi r$$

$$= 2r\theta$$

Rumus untuk mencari luas penampang saluran

A = keliling basah

$$= \text{luas OACB} - \text{luas AOBD}$$

$$= \frac{2\theta}{360} \times 2\pi r - 2 \times \text{luas ODB}$$

$$= r^2 \left( \theta - \frac{r^2 \sin 2\theta}{2} \right)$$

Sedangkan  $\theta$  dapat dicari dari :

$$\cos \theta = \frac{r - d}{r}$$

Dimana :

- D = tinggi air di saluran (m)  
 r = jari-jari pipa saluran (m)  
 $\theta$  = sudut aliran (rad)  
 d = diameter pipa saluran (m)

Debit air kotor rumah tangga dapat dihitung berdasarkan dari perkiraan rata-rata air kotor rumah tangga per orang. Sehingga perumusan dapat dijabarkan di bawah ini

$$Q_i = 0,8 \times q_i$$

Dimana :

- $Q_i$  = debit air kotor per orang (l/org/day)  
 $q_i$  = nilai debit air bersih yang digunakan (liter/org/day)

Sedangkan debit air limbah rumah tangga yang masuk pipa interceptor dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q_t = Q_i \times \text{jumlah penduduk}$$

Dimana :

- $Q_t$  = debit total yang melewati pipa interceptor (liter/hari)  
 JP = jumlah penduduk (jiwa)

### 2.8.3 Sistem saluran

Umumnya, sistem pembuangan air limbah terdiri dari sejumlah komponen utama dalam skema yang dirancang untuk mengumpulkan, mengalirkan, mengolah, dan membuang air limbah dengan aman. Rincian komponen-komponen ini dijelaskan di bawah ini:

#### 1. Sambungan Pipa Rumah

Sambungan rumah adalah saluran di dalam rumah yang langsung menerima air limbah dari dapur, kamar mandi, bak cuci, dan toilet. Kemudian, akan disalurkan ke saluran lateral dengan menggunakan pipa PVC berdiameter 50 hingga 100 mm.

#### 2. Saluran Pipa Lateral

Saluran lateral mengambil aliran yang akan disalurkan dari sambungan rumah ke saluran sekunder, yang terletak di sepanjang jalan yang mengelilingi area layanan. Bahan yang digunakan adalah PVC dengan diameter 150 mm.

### 3. Saluran Pipa Sekunder

Saluran-saluran dalam sistem perpipaan yang digunakan untuk air, gas, limbah, atau bahan lainnya mungkin memiliki saluran sekunder. Saluran pengangkutan ini mengumpulkan air limbah dari saluran lateral dan menyalurkannya melalui pencegat atau saluran utama. Diameternya berkisar antara 300 mm hingga 500 mm bila menggunakan beton.

### 4. Saluran Pipa Interceptor

Saluran pencegat dasar adalah salah satu bagian terpenting dari sistem pengelolaan air limbah, memastikan bahwa aliran air limbah dari saluran sekunder secara efektif mencapai IPAL. Dengan bahan yang berat, lebarnya berkisar antara 600 hingga 1.300 milimeter.

### 5. Pipa Ven

Pipa ventilasi merupakan bagian integral dari sistem pembuangan limbah. Pipa ini memastikan aspek yang sangat penting dari aerasi di dalam sistem, mencegah tekanan balik dan penyedotan pada perangkat - keduanya sangat mengganggu sistem pembuangan air limbah dan biasanya menimbulkan masalah sanitasi. Pipa ventilasi sistem pembuangan limbah dibahas secara rinci di bawah ini.

### 6. Bak Kontrol

Bagian penting lainnya dari sistem pembuangan limbah rumah tangga adalah bak kontrol, yang juga dikenal sebagai sekah, yang ditempatkan di sambungan rumah sebagai lubang pembersih. Bak kontrol memudahkan pembersihan dan perawatan pipa pembuangan untuk menghindari penyumbatan atau kerusakan pada sistem dan untuk kelancarannya.

### 7. Clean Out

Clean out adalah bagian integral dari sistem pembuangan limbah yang memungkinkan port pembersihan ditempatkan pada garis lateral. Clean-out dibuat untuk memberikan akses mudah ke pipa pembuangan untuk membersihkannya, memeriksanya, dan melakukan perawatan umum.

## 2.9 Drainase

Menurut (Saidah et al., 2021) Sistem drainase adalah sistem yang dibangun untuk mengatasi masalah kelebihan air baik di atas maupun di bawah tanah. Dalam hal ini, sistem ini tidak dapat dihindari sama sekali karena membantu mencegah banjir, erosi tanah, dan kerusakan pada struktur dan infrastruktur lainnya.

Saluran samping jalan adalah saluran yang dibuat di sebelah kanan dan dilewatkan di tepi jalan yang mampu mengalirkan air yang berasal dari permukaan jalan dan daerah rembesan di sekitar jalan. Dalam hal ini, perancangan saluran samping jalan harus memperhatikan pengaruh material saluran terhadap kecepatan aliran rencana, yang ditentukan oleh sifar hidraulik penampang saluran, kemiringan saluran. Berkenaan dengan analisis hidrologi dan hidrolika, saluran tepi jalan harus memenuhi kriteria yang digunakan dalam desain infrastruktur air.

Ada dua jenis saluran drainase utama: saluran drainase permukaan dan saluran drainase bawah permukaan. Dalam desain, biasanya ada tiga tahap utama untuk saluran drainase parit atau saluran drainase samping: analisis hidrologi, perhitungan hidrolika, dan gambar rencana. Analisis hidrologi harus dibuat berdasarkan curah hujan, topografi daerah, karakteristik daerah drainase, dan frekuensi banjir yang direncanakan.

Salah satu infrastruktur perkotaan yang erat kaitannya dengan tata ruang adalah sistem drainase perkotaan. Kekacauan tata ruang menjadi penyebab seringkali terjadi banjir yang selalu melanda sebagian besar kota dan daerah di Indonesia. Hampir tidak ada daerah yang tidak memiliki rencana tata ruang wilayah, yang menjadi panduan atau arahan pembangunan daerah. Banjir akan selalu dialami di lingkungan kita karena sistem drainase yang didesain tidak pernah cepat tanggap terhadap perubahan-perubahan tersebut.

Menurut Suripin, 2004, penyebab banjir di perkotaan adalah urbanisasi dan migrasi musiman dan permanen. Hal ini disebabkan karena jumlah penduduk tumbuh dengan laju yang lebih cepat dari rata-rata pertumbuhan nasional. Pertumbuhan yang tidak diimbangi dengan sarana dan prasarana yang memadai mengakibatkan tata guna lahan perkotaan menjadi semrawut

Ada beberapa kategori utama yang dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem drainase. Masing-masing jenis drainase memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda berdasarkan tuntutan, kebutuhan, dan kondisi lingkungan tempat drainase tersebut digunakan. Berikut ini memberikan penjelasan rinci tentang jenis-jenis drainase, yang disusun berdasarkan metode drainase:

- a. Sistem jaringan drainase adalah sistem yang memiliki sistem saluran yang terstruktur, lengkap dengan bangunan pelengkap untuk pengelolaan dan pengaliran air di suatu area. Sistem ini dirancang untuk mengatasi masalah kelebihan air yang menyebabkan banjir, genangan air, erosi, dan kerusakan infrastruktur.
- b. Drainase dengan sistem resapan adalah drainase yang mengevakuasi kelebihan air melalui resapan ke dalam tanah. Sistem ini mengurangi genangan air di permukaan, sehingga meningkatkan pengisian ulang sumber air tanah.

### **2.9.1 Sistem Jaringan Drainase**

Drainase pada bagian infrastruktur pada suatu kawasan disebut sistem drainase, oleh karena itu, di luar kelompok jalan, kelompok sarana transportasi, kelompok pengelolaan sampah, dan kelompok pembangunan kota, sistem jaringan drainase merupakan bagian dari kelompok infrastruktur air dalam pengelompokan infrastruktur wilayah.

Air hujan yang jatuh di suatu daerah, yang harus disalurkan atau dibuang secara efisien untuk mencegah terjadinya banjir dan genangan. Metode yang paling umum adalah pembangunan saluran drainase yang dibangun untuk menampung air hujan yang jatuh ke tanah. Saluran-saluran ini biasanya diposisikan di area yang berdekatan dengan area pemukiman, tempat parkir, dan jalan untuk pengumpulan air hujan yang efektif. Saluran drainase ini mengumpulkan air hujan, dan kemudian sistem membuangnya ke saluran lain yang lebih besar yang dikenal sebagai saluran pengecat atau saluran induk. Saluran interceptor yang lebih besar ini mengalirkan air ke lokasi pembuangan akhir seperti sungai, waduk, atau IPAL dari berbagai saluran yang lebih kecil. Hanya dengan desain yang baik, sistem saluran ini akan dapat menjaga infrastruktur kota dalam kondisi baik, menghindari kerusakan akibat banjir, dan mendukung pengelolaan air yang berkelanjutan.

Bagian infrastruktur, atau sistem drainase, terdiri dari berbagai bangunan air yang bekerja secara bersamaan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kelebihan air dari suatu tempat atau lahan sehingga lahan tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal. Jika dilihat dari hulu, bangunan yang menjadi tempat sistem drainase terdiri dari saluran pencegat, saluran pengumpul, saluran pembawa, saluran utama, dan perairan penerima. Bangunan lain seperti gorong-gorong, siphon, saluran air, saluran pelimpah, pintu air, bangunan terjun, kolam komando, dan stasiun pompa juga umum ditemukan di sepanjang sistem. Dalam sistem drainase yang lengkap, terutama untuk sistem campuran, air biasanya diolah di IPAL sebelum dibuang ke badan air penerima. Sebaliknya, air yang dibuang ke badan air penerima, biasanya sungai, hanya memiliki standar kualitas tertentu yang telah ditentukan untuk melindungi lingkungan (Suripin, 2004).

Selain mengeringkan tanah atau mencegah banjir, rembesan juga dapat memenuhi berbagai kebutuhan yang berbeda yang penting untuk air eksekutif dan asuransi alam. Berikut ini adalah penjelasan yang lebih mendalam tentang fungsi tambahan yang dilakukan drainase :

1. Pertanian

Tanaman tidak dapat tumbuh secara efektif di tanah yang sangat basah, seperti di daerah rawa. Karena kejenuhan air di dalam tanah, tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik karena oksigen yang cukup tidak dapat mencapai akar. Oleh karena itu, diperlukan proses pengeringan sebelum tanah rawa tersebut dapat digunakan untuk pertanian. Siklus ini juga mencakup pengelolaan air agar kelebihan air dapat mengalir keluar dari tanah, sehingga tanah menjadi lebih kering dan dapat ditanami. Dengan drainase yang baik, lahan rawa yang tidak produktif dapat berubah menjadi lahan pertanian yang produktif untuk berbagai jenis tanaman.

2. Bangunan

Drainase diperlukan untuk membuat tanah menjadi kering untuk membangun bangunan dan puing-puing landasan pacu di atas tanah yang basah. Drainase mengacu pada pembuangan kelebihan air dari permukaan tanah atau dari tanah

ke tempat yang lebih rendah. Pengurangan kandungan air dalam tanah yang dihasilkan dari drainase membuat tanah menjadi lebih padat dan karenanya stabil. Dengan demikian, karena kondisi tanah yang lebih kering ini, daya dukung tanah meningkat, yang mengindikasikan bahwa tanah tersebut dapat menopang beban bangunan yang akan berada di atasnya. Dengan adanya sistem drainase, tanah yang dikeringkan dan distabilkan dapat menopang struktur bangunan dengan kemungkinan penurunan atau kerusakan bangunan yang lebih kecil. Oleh karena itu, salah satu langkah yang harus dilakukan adalah drainase dalam membuat lahan basah menjadi infrastruktur yang kuat dan aman.

### 3. Kesehatan

Ada banyak penyakit yang dapat ditularkan oleh nyamuk, seperti malaria dan demam berdarah; tanah yang terendam air dapat menjadi salah satu tempat berkembang biak bagi nyamuk. Oleh karena itu, air harus dikeringkan dengan bantuan sistem jaringan drainase yang baik. Drainase ini akan mengeluarkan air dari tanah, sehingga mengurangi genangan air. Selain itu, mengurangi populasi nyamuk akan mengurangi risiko penyakit; telur dan larva nyamuk tidak dapat bertahan hidup di tanah yang kering. Namun, gas berbahaya seperti gas metana, yang umumnya ada di rawa, menimbulkan ancaman bagi kesehatan lingkungan. Gas metana adalah gas berbahaya yang mempengaruhi kesehatan Anda, terutama sistem pernapasan. Dengan demikian, pengeringan tanah di sekitar masyarakat akan mengurangi kemungkinan tertularnya penyakit-penyakit ini dari nyamuk dan membantu dalam penyediaan lingkungan yang sehat dengan menghilangkan gas-gas yang tidak diinginkan yang melekat pada tanah basah. Oleh karena itu, proses pengeringan ini sangat penting dalam membuat daerah pemukiman menjadi lebih aman dan layak huni.

### 4. Landscape

Tanah yang terlalu basah atau berair harus dikelola sedemikian rupa agar tempat tersebut dapat memberikan pemandangan yang baik dan membangun lingkungan yang fungsional serta enak dipandang. Salah satunya adalah dengan mengeringkan tanah yang basah agar dapat ditanami rumput atau tanaman hias lainnya.

## 2.9.2 Jenis-Jenis Drainase

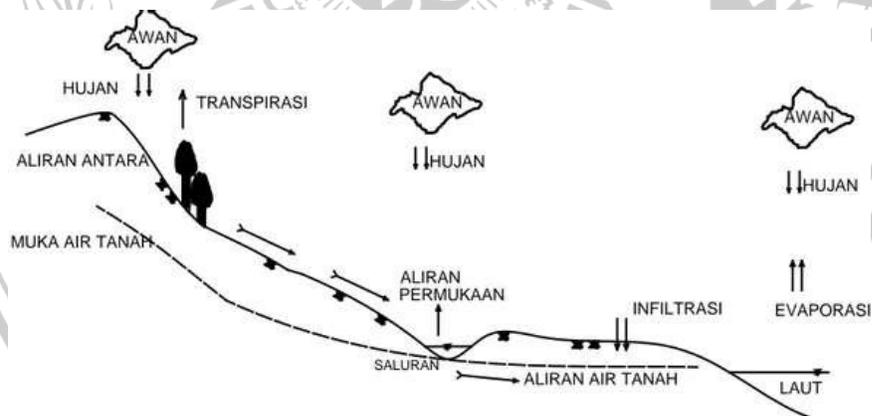
Sistem drainase mengontrol dan membuang kelebihan air dari suatu area untuk mencegah kerusakan dan banjir. Fungsi, lokasi, dan desain membedakan beberapa saluran drainase satu sama lain. Berikut ini adalah penjelasan sedikit lebih mendalam tentang berbagai jenis saluran drainase:

### 1. Drainase Dari Proses Terbentuknya

Sistem ini lebih sering disebut sebagai sistem pengangkutan air dan merupakan bagian integral dalam pengelolaan air, mencegah banjir dan kerusakan. Prosesi pembentukan drainase membedakannya dari jenis drainase lainnya melalui berbagai teknologi dan metode yang diterapkan untuk mengontrol aliran air dari satu titik ke titik lainnya. Penjelasan dapat di jabarkan tentang prosedur drainase dari desain hingga implementasi:

#### a. Drainase alamiah

Drainase alami adalah proses alami yang panjang. Air menggerus tanah tergantung pada konturnya untuk menciptakan saluran drainase. Drainase alami terjadi ketika tanah cukup landai untuk membiarkan air mengalir ke sungai. Pada tanah yang cukup berpori, air di permukaan tanah akan menjenuhkan tanah, terjadi penetrasi.

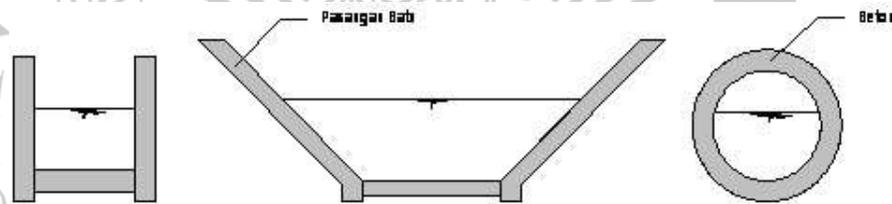


Gambar 2. 3 proses terbentuknya drainase alami

Air yang meresap menjadi aliran bawah permukaan dan bergerak menuju sungai. Air tersebut dapat menyusup ke dalam tanah (perkolasi) dan bergabung dengan air tanah menjadi aliran dasar ke arah sungai.

#### b. Drainase Buatan

Drainase buatan mengacu pada kerangka kerja limbah yang direncanakan dan dibangun dengan alasan tertentu untuk mengawasi aliran air, baik dalam kondisi metropolitan maupun provinsi. Drainase buatan manusia, pada gilirannya, mengacu pada sistem yang dirancang dan dibangun oleh manusia yang tekniknya mempertimbangkan beberapa faktor, sehingga membutuhkan perencanaan dan konstruksi yang tepat. Drainase ini dirancang untuk mengelola aliran air dengan baik, baik untuk mencegah banjir atau kerusakan infrastruktur, atau untuk aplikasi tertentu, mulai dari pengelolaan air hujan hingga pengangkutan limbah atau perlindungan lingkungan.



**Gambar 2. 4** penampang drainase buatan

## 2. Drainase Dari Sistem Pengalirannya

### a. Drainase Sistem Jaringan

Sistem jaringan drainase adalah sejenis sistem pengelolaan air yang terdiri dari jaringan saluran dengan konstruksi terkait untuk mengatur aliran air di area tersebut. Sistem ini memproyeksikan air dari area yang mengalami limpahan atau perendaman ke tempat yang lebih aman, seperti sungai, danau, atau saluran pembuangan utama.

#### b. Drainase Sistem Resapan

Drainase sistem resapan adalah strategi pengelolaan air yang berusaha meresapkan air ke dalam tanah untuk menghentikan banjir dan mengurangi risiko banjir, selain meningkatkan kualitas air tanah. Kerangka kerja ini menggunakan beberapa metode untuk membiarkan air atau limbah air memercik ke tanah, yang secara efektif mengatasi masalah kelebihan air dan memperkuat daya dukung ekologis. Kerangka kerja resapan adalah kerangka kerja yang memungkinkan rembesan air untuk menyerap dan meresap ke dalam tanah daripada membuangnya langsung ke saluran pembuangan atau badan air. Ini adalah salah satu sistem utama untuk mendukung resapan air tanah alami, mengurangi limpasan di permukaan, dan mencegah genangan air.

### 3. Drainase dari tujuan dan daerah layanan

#### a. Drainase perkotaan

Drainase perkotaan adalah sistem yang dirancang untuk mengelola aliran limbah dan air hujan dari permukaan perkotaan ke lokasi yang lebih aman atau lebih tepat. Sistem ini terdiri dari pengaturan saluran, parit terbuka, lorong bawah tanah, dan berbagai desain yang bertujuan untuk mengumpulkan, mengarahkan, dan membuang air secara efektif. Dalam banyak kasus, saluran drainase terhubung ke sistem drainase utama, seperti sungai, danau, atau bahkan lautan. Saluran drainase harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menampung air dalam jumlah besar saat hujan deras, untuk menghindari masalah genangan air di kota-kota, yang tidak hanya merusak infrastruktur tetapi juga menyebabkan banyak kerepotan bagi masyarakat. Pengelolaan air hujan mengatur air limbah domestik dan industri, menjaga kualitas air lingkungan, dan mengurangi risiko polusi. Untuk itu, perencanaan dan pemeliharaan yang baik diperlukan dalam sistem drainase perkotaan untuk mendukung keberlanjutan dan kenyamanan hidup di perkotaan.

#### b. Drainase Jalan Raya

Drainase jalan adalah sistem khusus yang dirancang untuk mengalirkan air dari permukaan jalan dan tepi jalan untuk mencegah terjadinya genangan air, yang

mengganggu lalu lintas dan fondasi jalan. Elemen-elemen yang berbeda termasuk saluran, ventilasi saluran pembuangan, lubang resapan, dan kadang-kadang bahkan desain permukaan jalan yang memungkinkan aliran air yang lancar ke titik pembuangan atau pengumpulan yang telah ditentukan. Saluran-saluran ini biasanya terletak di sepanjang median atau pinggir jalan, menangkap air hujan dan kemudian mengalirkannya ke saluran pembuangan utama, contohnya adalah sistem drainase perkotaan atau saluran air terbuka. Dalam mendesain drainase jalan raya, volume limpasan pada saat hujan lebat, kecepatan aliran yang diijinkan, dan kapasitas untuk menampung sedimen atau puing-puing yang dapat menyebabkan terhalangnya aliran air harus dipertimbangkan. Sistem drainase ini memerlukan pemeliharaan rutin untuk memastikan sistem tersebut berfungsi dengan baik dan mencegah kerusakan jalan akibat air yang tidak terkendali. Mengingat fakta ini, drainase jalan raya di daerah perkotaan menjadi sangat penting untuk memastikan kelancaran lalu lintas, jalan yang aman, dan lingkungan yang bersih.

c. Drainase Daerah Pertanian

Seperti yang digunakan dalam pertanian, drainase mengacu pada sistem yang dirancang untuk mengendalikan air tanah dan air permukaan. Hal ini akan mengontrol permukaan air dan membuang kelebihan curah hujan dari lahan pertanian, sehingga menghindari banjir yang dapat merusak tanaman atau masalah lain pada operasi pertanian. Beberapa teknik yang digunakan dalam drainase pertanian termasuk saluran terbuka, parit, saluran air dari ubin, dan sistem penyimpanan air. Pertanian ini terhubung ke sistem drainase utama dengan menggunakan saluran terbuka atau parit yang mengarah ke sungai atau danau terdekat. Di sisi lain, saluran bawah tanah membawa air ke dalam pipa di bawah permukaan tanah, sehingga menurunkan permukaan air tanah di bawah permukaan. Dalam merancang sistem drainase pertanian, topografi lahan, jenis tanah, jumlah curah hujan, dan jenis tanaman yang dibudidayakan harus dipertimbangkan.

cara ini sangat penting dalam mengendalikan kelebihan air di lapangan secara efektif-dengan demikian menahan erosi-dan juga dalam mencegah kerusakan

pada struktur lahan pertanian. Selain itu, pengelolaan air yang baik dapat meningkatkan hasil panen dengan memastikan keseimbangan air yang tepat dengan pertumbuhan tanaman di dalam tanah, melalui sistem drainase. Selain itu, pengelolaan yang baik memastikan konservasi kualitas air dan mengurangi kemungkinan tercemarnya nutrisi atau pestisida ke dalam air. Oleh karena itu, drainase pertanian menjadi dasar untuk konservasi lingkungan di sekitar lahan pertanian dan mempertahankan produktivitas pertanian dengan cara yang ramah lingkungan.

d. Drainase lapangan terbang

Sistem drainase aeronautika merupakan komponen penting bandara, karena memungkinkan pengumpulan dan pengurasan air hujan dan air limbah dari permukaan landasan pacu, apron, taxiway, dan area lain di sekitar bandara. Sistem ini dirancang untuk mengalirkan air dalam jumlah besar yang sering kali disebabkan oleh curah hujan yang tinggi di area terminal udara. Komponen sistem drainase aeronautika meliputi saluran air, kolam penampungan, dan perawatan permukaan. Komponen-komponen tersebut memastikan bahwa air hujan sampai ke titik pembuangan atau penampungan yang tepat secepat mungkin. Saluran air sering kali terhubung ke sistem drainase perkotaan atau saluran air untuk mengalihkan air dari area bandara tanpa mengganggu operasi penerbangan.

e. Drainase jalan kereta api

Sistem drainase jalur kereta api terutama dirancang untuk mengumpulkan air limpasan, air hujan, dan air limbah yang berasal dari jalur kereta api dan area yang berdekatan dengan jalur kereta api. Air hujan yang terkumpul tidak boleh mengganggu struktur maupun operasi jalur kereta api. Kebocoran jalur kereta api terdiri dari berbagai elemen seperti saluran, parit, ventilasi saluran pembuangan, dan sistem saluran bawah tanah yang dirancang untuk mengumpulkan dan mengalirkan air hujan ke titik pembuangan yang aman, seperti aliran air atau drainase utama.

f. Drainase pada tanggul dan dam

Ini adalah metode untuk mencegah erosi struktur tanggul dan bendungan akibat udara di bawahnya. Melalui prosedur ini, struktur udara yang sedang diuji pada simulasi bendungan dan tanggul berikutnya dikoreksi. Jika udara bergerak dengan kecepatan yang lebih lambat dari yang diperkirakan, maka risiko kerusakan pada bendungan atau dasar akan berkurang. Konstruksi material, struktur tanggul dan integrasinya dengan bendungan, dan kemudian keruntuhan, merupakan efek dari erosi yang tidak terkendali. Selain itu, pengaliran air yang tepat juga dapat menjaga kestabilan tanah di sekitar tanggul dan bendungan dari penurunan yang dapat meningkatkan tekanan pada struktur tersebut. Oleh karena itu, pengaliran air yang efisien di dalam bendungan atau tanggul sisi sangat penting untuk dipertahankan dalam menjaga kekuatan, daya tahan, dan mengurangi hilir dari potensi kerusakan dan banjir yang dihasilkan oleh tanggul atau bendungan.

g. Drainase lapangan olahraga

Ini adalah tindakan mengeringkan atau membersihkan lapangan olahraga, tidak terkecuali lapangan sepak bola dan lainnya, dari air hujan sehingga kegiatan olahraga tidak akan terganggu jika terjadi hujan. Sistem drainase yang baik akan menyebabkan air hujan keluar dari permukaan lapangan dengan cepat tanpa menggenangi ke tempat pembuangan atau resapan. Tanpa adanya sistem drainase yang baik, air dapat membuat permukaan lapangan menjadi licin dan sulit untuk dilalui, sehingga mengganggu permainan dan meningkatkan risiko cedera bagi para pemain. Selain itu, genangan air yang terus menerus dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan sintetis atau rumput lapangan dan membutuhkan perawatan tambahan, sehingga membutuhkan biaya perbaikan. Bahkan saat hujan, lapangan olahraga yang baik dengan sistem drainase yang tepat akan memastikan bahwa lapangan selalu dalam kondisi prima sehingga pertandingan dan latihan dapat berjalan tanpa gangguan. Hal ini tidak hanya untuk alasan kenyamanan dan keamanan tetapi juga untuk menjaga kualitas dan integritas fasilitas olahraga. Oleh karena itu, merupakan investasi yang baik untuk

melakukan pengurasan dan pengeringan lapangan olahraga yang efektif untuk kelancaran dan keberlanjutan kegiatan olahraga dalam berbagai kondisi cuaca.

h. Drainase untuk keindahan kota

Ini berarti bahwa komponen sistem drainase perkotaan yang dirancang dengan mempertimbangkan estetika secara efisien mengalirkan air sekaligus berkontribusi pada nilai estetika dan kenyamanan di lingkungan perkotaan. Saluran air yang bergaya ini sering kali berupa sungai terbuka yang dikelilingi oleh taman, jalur pejalan kaki, atau fasilitas olahraga lainnya. Sebagai contoh, sungai ini dapat berubah menjadi kanal buatan atau keindahan sungai di suatu kota dan menjadi zona hijau yang bagus untuk berlari, berjalan, atau sekadar duduk-duduk dan bersantai bagi warga kota. Selain itu, dalam hal ini, dapat ditambahkan bahwa komponen estetika desain drainase dapat menyediakan habitat alami bagi tanaman dan hewan, yang berkontribusi pada keanekaragaman hayati lingkungan perkotaan. Pertimbangan estetika drainase tidak hanya meningkatkan pengelolaan air hujan, mengurangi kemungkinan banjir, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup penduduk perkotaan dengan ruang publik yang menarik dan bermanfaat. Oleh karena itu, drainase estetika menjadi bagian integral dari perencanaan kota kontemporer, yang prinsip dasarnya adalah membangun lingkungan yang lebih berkelanjutan, nyaman, dan indah untuk ditinggali oleh seluruh penghuninya.

i. Drainase untuk kesehatan lingkungan

Drainase dan pembuangan air hujan merupakan bagian penting dari pengelolaan limbah metropolitan, untuk menghindari genangan air yang dapat menyebarkan penyakit. Hal ini pada dasarnya berarti memastikan bahwa air hujan yang terakumulasi di daerah perkotaan tidak terkumpul di pekarangan, jalan, atau tempat umum lainnya yang dapat menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk atau bakteri penyebab penyakit. Hal ini juga dapat membantu mengurangi kemungkinan terjadinya wabah penyakit, seperti demam berdarah dan infeksi saluran pernapasan, dengan mengoptimalkan sistem drainase dan saluran air dengan baik.

j. Drainase untuk penambahan areal

Ini adalah teknik yang bertujuan untuk mengembangkan atau memperbesar area lahan dan mencakup pengeringan rawa atau area laut. Dalam prosesnya, terjadi pengurangan atau pengendalian volume air di area yang baru saja digenangi air rawa atau lautan dan bertujuan untuk menciptakan lahan yang lebih kering dan stabil secara hidrologis. Hal ini mencakup sistem drainase, penggalian saluran, atau membangun tanggul untuk mengalihkan air dari area yang dimaksud. Dengan kata lain, daerah yang dulunya tertutup air banjir dapat direklamasi untuk pembangunan infrastruktur, budidaya, atau bahkan pemukiman. Proses pengurangan atau pengaliran kembali ini juga dapat meningkatkan kapasitas wilayah tersebut untuk mendukung kehidupan manusia dan meningkatkan produktivitas ekonomi wilayah tersebut.

#### 4. Menurut Letak Saluran

Berkenaan dengan lokasi yang berbeda di dalam bangunan, dan sesuai dengan kebutuhan di lokasi-lokasi tersebut, saluran drainase dengan berbagai bentuk terhadap kebutuhan primer dapat dibedakan satu dengan yang lain. Tergantung pada kebutuhan di berbagai lokasi bangunan, mungkin ada salah satu dari jenis saluran drainase berikut ini :

##### a. Drainase Permukaan Tanah

Drainase permukaan adalah sistem yang dirancang untuk mengelola air dan air permukaan dari sumbernya. Saluran beton terbuka di atas tanah atau saluran terbuka, seperti sungai, parit, dan kanal. Tujuan utamanya adalah untuk mengalirkan air dari daerah dengan ketinggian yang lebih tinggi ke daerah dengan ketinggian yang lebih rendah, seperti sungai atau laut, untuk menghindari struktur dan lingkungan di sekitar bangunan tergenang air. Ini dapat mencakup lubang resapan atau sumur resapan, yang dibangun sebagai bagian dari drainase permukaan untuk memungkinkan air hujan meresap ke dalam tanah dan memperlambat limpasan permukaan, sehingga mengurangi risiko erosi.

##### b. Drainase Bawah Tanah

Limbah permukaan adalah sistem yang dirancang untuk mengelola air dan air permukaan dari sumbernya. Saluran beton terbuka di atas tanah atau saluran

terbuka, seperti sungai, parit, dan kanal. Tujuan utamanya adalah untuk mengalirkan air dari daerah dengan ketinggian yang lebih tinggi ke daerah dengan ketinggian yang lebih rendah, seperti sungai atau laut, untuk menghindari struktur dan lingkungan di sekitar bangunan tergenang air. Ini dapat mencakup lubang resapan atau sumur resapan, yang dibangun sebagai bagian dari drainase permukaan untuk memungkinkan air hujan meresap ke dalam tanah dan memperlambat limpasan permukaan, sehingga mengurangi risiko erosi.

#### 5. Menurut fungsi drainase

Sistem drainase ditargetkan untuk mengatur aliran air dari titik tinggi ke titik yang lebih rendah, dengan tujuan untuk memperlambat erosi, mengurangi genangan air, dan menjaga stabilitas lingkungan. Berdasarkan fungsinya, drainase dapat dibagi menjadi beberapa jenis utama:

##### a. Single purpose

Saluran single purpose adalah saluran yang hanya berfungsi untuk mengalirkan satu jenis air hujan atau air buangan.

##### b. Multipurpose

Saluran multipurpose adalah saluran dengan memiliki dua atau lebih jenis aliran, baik secara terpisah ataupun bergantian.

#### 6. Konstruksi

Perlu diketahui dua jenis konstruksi saluran yang akan digunakan saat mendesain sistem saluran. Berikut ini adalah beberapa jenis resapan berdasarkan konstruksinya:

##### a. Saluran terbuka

Saluran terbuka adalah sarana drainase, berbeda dengan saluran, yang membawa aliran air antara dua titik dengan ketinggian berbeda dan terbuka ke permukaan tanah. Faktanya, ini adalah salah satu metode yang paling umum digunakan dalam pengelolaan air permukaan dalam situasi yang sangat bervariasi, mulai dari metropolitan, pedesaan, hingga pertanian. Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan saluran terbuka adalah saluran yang tidak semua permukaannya di aliri air.

b. Saluran tertutup

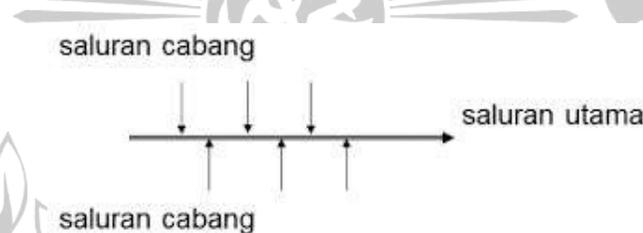
Saluran tertutup adalah struktur salurannya yang tertutup sepenuhnya, semua penampang saluran di penuh zat cair. biasanya berupa pipa. Tujuannya adalah untuk mengarahkan aliran air dengan aman dari mata air atau permukaan tanah yang mungkin tercemar.

### 2.9.3 Pola Jaringan Drainase

Menurut Wesli, 2008, desain jaringan drainase adalah pola-pola pembentukan dan penataan saluran drainase pada suatu kawasan atau sistem. Dari hasil penelitian ini dapat diidentifikasi pola jaringan drainase sebagai berikut:

1. Pola siku

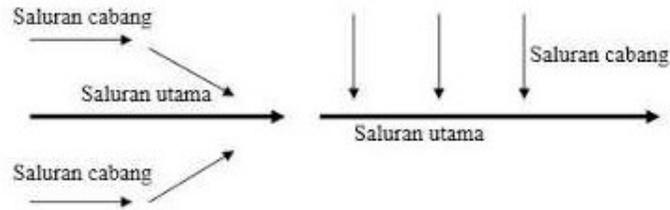
Pola siku adalah pola di mana saluran utama dan saluran cabang berada pada sudut siku-siku satu sama lain. Biasanya dibuat di lokasi dengan tofografi yang sedikit lebih tinggi di atas sungai, di mana sungai berfungsi sebagai saluran limbah utama di pusat kota, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2. 5** saluran dengan pola siku

2. Pola parallel

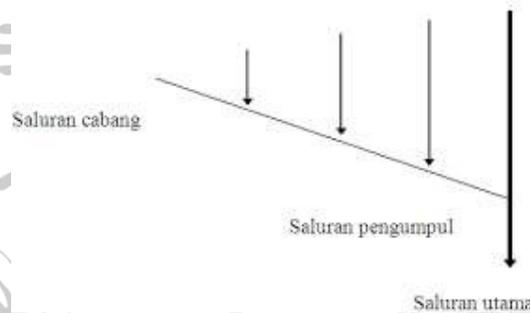
pola saluran parallel adalah contoh di mana saluran utama ditemukan sejajar dengan saluran cabang, yang pada akhir saluran cabang, berbelok ke arah saluran utama. Pada contoh yang sama, saluran cabang sangat banyak dan pendek seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



**Gambar 2. 6** saluran dengan pola paralel

### 3. Pola grid iron

Pola grid iron adalah pola jaringan di pinggiran kota dekat sungai, pola jaringan drainase tipe jaringan besi dapat dilihat, di mana, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7, kandungan air di saluran cabang dibuang ke sungai setelah dikumpulkan di saluran pengumpul.

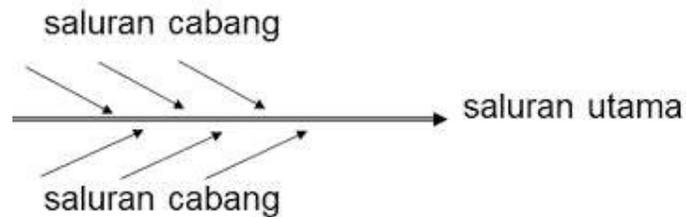


**Gambar 2. 7** saluran dengan pola grid iron

### 4. Pola alamiah

Pola alamiah dalam konteks drainase mengacu pada pola jaringan yang terbentuk secara alami di suatu wilayah, di mana sungai atau saluran utama berperan sebagai saluran utama yang mengalir di tengah kota atau wilayah tertentu. Namun, pola ini tidak

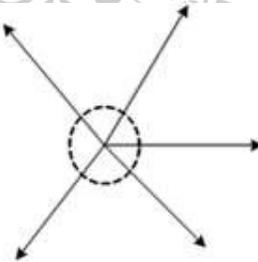
memiliki cabang-cabang yang membentuk sudut siku terhadap saluran utama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



**Gambar 2. 8** saluran dengan pola alamiah

#### 5. Pola radial

Pola radial adalah pola jaringan drainase yang terbentuk dengan saluran-saluran air yang mengalir keluar dari satu titik pusat atau sumber air utama, memancar ke berbagai arah seperti jari-jari dari sebuah roda. Pola ini sangat cocok digunakan di daerah yang berbukit atau bergunung, di mana aliran air mengikuti jalur yang turun dari puncak bukit atau gunung ke arah yang lebih rendah pola ini sangat cocok digunakan pada daerah yang bukit seperti diperlihatkan pada Gambar 2.9.

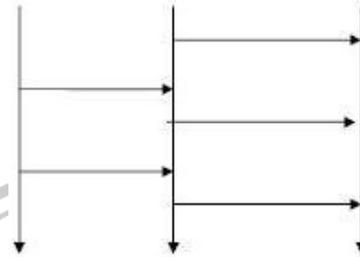


**Gambar 2. 9** saluran dengan pola radial

#### 6. Pola jaring-jaring

Sebuah pola jaring-jaring dalam jaringan drainase yang mengikuti jalan raya atau jalan utama setempat. Aliran air yang mengikuti garis grid atau sering

membentuk jalan sangat ideal untuk pola saluran drainase seperti ini di tanah datar. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.



**Gambar 2. 10** pola jaringan jaring-jaring

#### 2.9.4 Perencanaan Drainase Perkotaan

Kemajuan metropolitan membutuhkan peningkatan dan perluasan tempat kerja kerangka kerja evakuasi air. Masalah di atas sekarang menjadi masalah yang harus ditangani dengan sungguh-sungguh, terutama untuk wilayah yang biasanya mengalami musim badai. Air hujan yang dikendalikan oleh ruang dikontrol dan dikendalikan untuk berbagai aplikasi kesejahteraan. Pengendalian banjir, drainase, dan pembuangan limbah mengacu pada penerapan metode pengendalian air untuk mencegah kerusakan yang berada di luar cakupan kepraktisan, gangguan lingkungan hunian, manusia dan sarana aktivitasnya, dan bahkan nyawa mereka. Keberadaan, keindahan, dan penggunaannya harus dijaga karena pemanfaatan sumber daya air meluas ke penyediaan air, irigasi, pembangkit tenaga air, saluran untuk transportasi air, dan badan air sebagai tempat rekreasi. Langkah awal dalam melestarikan sumber daya air tawar di seluruh dunia adalah drainase dengan sistem konservasi tanah dan air.

Saluran pelapis sebagian besar digunakan untuk drainase jalan raya dan perkotaan. Alasan lain mengapa saluran drainase berjajar diperlukan untuk saluran drainase perkotaan dan jalan raya juga termasuk estetika dan stabilitas terhadap gangguan eksternal seperti lalu lintas. Saluran ini dapat terbuka atau tertutup pada lubang kontrol di area tertentu. Saluran tertutup ini dirancang untuk memberikan

pemandangan atau ruang yang lebih baik untuk berbagai kepentingan di atasnya. Dalam perencanaannya, dapat dilihat kriteria desain yang digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan.

**Tabel 2. 4** desain yang digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (tahun)	Metode Perhitungan Debit Banjir
<10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional
101-500	5-20	Rasional
>500	10-25	Hidrograf Satuan

Sumber : Drainase perkotaan yang berkelanjutan

## 2.10 Banjir

Banjir terjadi ketika saluran tidak dapat menampung debit air tidak dapat masuk ke dalam saluran pembuang, yaitu palung sungai, atau jika aliran air ke saluran pembuang terhalang sehingga meluap ke dataran banjir. Banjir adalah kejadian umum yang dapat menyebabkan kerusakan pada harta benda seseorang dan juga dapat menyebabkan kerugian. Dalam kasus di mana air meluap sebagai akibat dari kapasitas penampang saluran yang terlalu kecil, ini disebut banjir. Di sisi lain, di daerah hulu, banjir biasanya memiliki daya rusak yang besar yang mengalir deras namun dalam waktu yang singkat, sedangkan di daerah hilir, banjir tidak memiliki aliran yang deras karena sifat tanah yang landai namun berlangsung dalam waktu yang lama.

### 2.10.1 Jenis-Jenis Banjir

Kejadian banjir, yang mengacu pada sumber dan penyebab banjir, dapat membantu membedakannya dengan jenis banjir yang lain. Berikut ini adalah penjelasan yang lebih rinci mengenai berbagai jenis banjir berdasarkan kejadian atau penyebabnya:

1. Banjir atau genangan air di area yang biasa terjadi adalah suatu kondisi di mana suatu area tertentu mengalami banjir sesekali.

2. Banjir terjadi ketika aliran sungai tidak dapat menyalurkan debit air atau jika debit air melebihi kapasitas pengaliran sungai. Banjir tidak menjadi masalah jika tidak mengganggu aktivitas dan kepentingan manusia. Namun, masalah muncul ketika manusia melakukan aktivitas di daerah dataran banjir untuk mengurangi kerugian yang diakibatkan oleh banjir.

### **2.10.2 Debit Banjir Rencana**

Debit banjir rancangan mengacu pada debit yang menjadi dasar perhitungan bangunan air yang akan direncanakan. Oleh karena itu, debit banjir rancangan adalah debit maksimum dengan probabilitas yang telah ditetapkan untuk terjadi di suatu daerah. Rencana pelepasan banjir meliputi perkiraan pelepasan air kotor dan pelepasan air dari saluran limbah.

Agar bangunan, atau daerah yang bersangkutan tidak terlalu sering mengalami kerusakan, rencana banjir tidak boleh dibuat terlalu kecil. Di sisi lain, banjir tidak boleh terlalu besar sehingga ukuran bangunan menjadi tidak menguntungkan. Kita menemukan pola dan siklus untuk jumlah hujan yang turun. Kita harus mengizinkan pertimbangan hidroekonomi ketika pola tersebut kadang-kadang menyimpang dari jalur normalnya, namun pada umumnya akan kembali ke jalur normal.

### **2.11 Analisa Perhitungan Hidrologi**

Analisis hidrologi tidak hanya dibutuhkan dalam perencanaan berbagai jenis bangunan air seperti bendungan, bangunan pengendali banjir, dan irigasi, tetapi juga analisis hidrologi. Perencanaan drainase, gorong-gorong, jembatan yang melintasi sungai atau saluran memerlukan analisis hidrologi, begitu juga dengan bangunan jalan raya, lapangan terbang, dan bangunan lainnya. Rembesan disediakan pada kondisi ini untuk menampung air atau air banjir dari daerah sekitarnya dan mengalirkannya ke sungai atau ke lokasi pembuangan lainnya. Besarnya pengalihan limbah ini ditentukan sedemikian rupa sehingga cukup untuk mengalirkan sejumlah air dalam beberapa jam atau yang disebut sebagai debit ( $Q$ ).

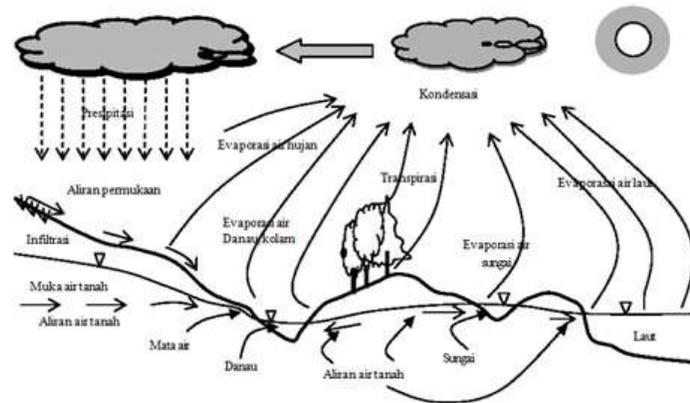
Ada masalah yang terkait dengan perancangan saluran drainase: berapa jumlah air yang harus dirancang untuk melewati saluran tersebut. Debit air yang

harus diatasi oleh saluran tidak diragukan lagi akan berfluktuasi, karena debit air ini ditentukan oleh curah hujan dan tidak konstan, tidak berubah-ubah. Pada perencanaan parameter saluran limbah, kita harus menentukan besarnya debit rencana. Jika menentukan atau membuat debit rencana yang tidak kecil, maka dapat mengakibatkan air dalam saluran meluap, begitu juga sebaliknya, jangan sampai diambil terlalu besar karena dapat mengakibatkan saluran yang kita rancang tidak layak. Kita harus memiliki pilihan untuk menentukan berapa banyak pelepasan dalam pengalihan rembesan untuk memilih rencana pelepasan. Dalam memilih debit rencana, kita juga harus mempertimbangkan debit banjir maksimum di daerah perencanaan.

### **2.11.1 Siklus Hidrologi**

Dalam perencanaan suatu bangunan air Ada masalah ketika merencanakan saluran drainase, berapa banyak air yang harus disalurkan melalui saluran tersebut. Karena fakta ini, jelas, debitnya juga akan berbeda, karena debit air ini tergantung pada curah hujan dan tidak tetap, tetapi berubah-ubah. Dalam merencanakan saluran drainase, kita harus memilih debit rencana (debit banjir rencana). Jika kita memilih atau membuat debit rencana yang terlalu kecil, maka air dalam saluran dapat meluap, begitu juga sebaliknya. Jika kita mengambil debit rencana yang terlalu besar, maka saluran yang direncanakan mungkin tidak akan hemat biaya. Untuk memilih debit rencana, kita harus dapat menghitung besarnya debit pada saluran drainase. Dalam pemilihan debit rencana, debit banjir maksimum di daerah perencanaan harus dipertimbangkan. Sebagian dari air tersebut menyusup ke dalam tanah ketika mencoba mengalir kembali ke laut dan bergerak ke bawah dalam proses yang disebut perkolasi ke dalam zona jenuh di bawah permukaan air tanah atau juga disebut permukaan freatik.

Menurut Suripin (2004) Suripin, bahwa total volume air di bumi berfluktuasi dari waktu ke waktu. Air di bumi mengalami siklus melalui serangkaian peristiwa yang terjadi secara simultan sepanjang waktu, di mana kita tidak tahu kapan dan di mana siklus itu dimulai dan kapan akan berakhir. Siklus hidrologi mendefinisikan rangkaian peristiwa tersebut.



**Gambar 2. 11** siklus hidrologi

### 2.11.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Menurut Suripin, 2004, frekuensi curah hujan mengacu pada probabilitas bahwa jumlah curah hujan tertentu akan disamai atau dilampaui. Di sisi lain, periode ulang adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam perencanaan saluran drainase, periode ulang yang digunakan tergantung pada fungsi saluran dan daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan.

Dalam hidrologi, berbagai distribusi frekuensi digunakan untuk analisis data dan pemodelan fenomena. Distribusi frekuensi menyediakan data yang berguna bagi ahli hidrologi mengenai pola, tren, dan variabilitas data hidrologi, seperti aliran sungai, permukaan air tanah, curah hujan, dan aliran sungai. Dalam hidrologi, berikut ini adalah beberapa distribusi frekuensi yang sering digunakan:

#### a. Distribusi Log Pearson III

Dalam analisis hidrologi, Log Person Tipe III banyak digunakan, terutama untuk analisis data maksimum dan minimum yang ekstrim. Untuk mendapatkan distribusi Log Person Tipe III, varians ditransformasikan ke nilai logaritmik. Dalam hal ini, digunakan bentuk logaritmik dari data curah hujan harian maksimum tahunan selama  $n$  tahun. Menurut Suripin, 2004,

langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menghitung curah hujan rencana dengan menggunakan Log Person Tipe III adalah sebagai berikut:

1. data yang di dapatkan di ubah ke bentuk logaritme,  $X = \log X$

2. Nilai logaritma di rata-rata kan:

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

3. simpangan baku di dirumuskan sebagai berikut :

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

4. mengolah Koefisien kemenangan digunakan rumus:

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

5. data curah hujan rencana dianalisa dengan periode ulang tahun:

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K \cdot Sd$$

Dimana :

Log  $X_T$  = rata-rata logaritma

n = banyak data tahun

Sd = standart deviasi

G = koefisien kemencengan

K = Variabel standart

**Tabel 2. 5** distribusi log pearson type III untuk koefisien kemencengan G

Koef. G	Interval kejadian (periode ulang)							
	10,101	12,500	2	5	10	25	50	100
	Persentase perjuang terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,892	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber : soewarno 1995

### 2.11.3 Uji Kecocokan Distribusi

Menurut Suripin (2004), uji parameter yang digunakan untuk menguji apakah fungsi distribusi probabilitas yang diantisipasi untuk menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi merupakan kecocokan yang baik terhadap distribusi frekuensi dari sampel data adalah uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

### 2.11.4 Daerah Tangkapan Hujan (Catchment area)

Daerah tangkapan air adalah daerah tadah hujan dimana air yang mengalir di permukaannya wajib dialirkan oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik membuat saluran ke saluran utama sehingga setiap hujan yang turun harus segera dibuang.

Salah satunya dengan mempertimbangkan kondisi lapangan di suatu daerah, keadaan topografi atau elevasi permukaan tanah di daerah sekitar saluran yang menjadi daerah tangkapan air dan mengalirkan air hujan ke dalam saluran. Daerah tangkapan air dapat diasumsikan dengan membagi-bagi daerah tinjauan dan disebut sebagai daerah tangkapan air drainase.

### **2.11.5 Koefisien Pengaliran (C)**

Ini adalah rasio jumlah air hujan yang jatuh di suatu wilayah dengan jumlah air yang mengalir melaluinya, yang dikenal sebagai koefisien pengaliran. Dalam hal ini, keadaan daerah pengaliran dan karakteristik hujan mempengaruhi besarnya koefisien pengaliran.

Kondisi curah hujan, luasnya daerah pergerakan, kemiringan lahan, infiltrasi, dan kapasitas perkolasi tanah serta penggunaan lahan merupakan faktor kunci yang menentukan besarnya koefisien pengangkutan.

Hal ini tergantung pada penggunaan lahan, kemiringan, jenis tanah, dan kondisinya. Kemungkinan perubahan penggunaan lahan di masa depan harus dipertimbangkan saat memilih koefisien pengangkutan. Alih-alih nilai pengangkutan, nilai terbesar atau maksimum harus digunakan untuk analisis karena koefisien pengangkutan memiliki nilai tengah.

**Tabel 2. 6** nilai koef aliran metode rasional

Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien Aliran (c)
Business	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
rumah tunggal	0,30 – 0,50
Perdesaan	0,40 – 0,70
multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
Perkampungan	0,25 – 0,40
Apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Ringan	0,50 – 0,80
Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
aspal dan beton	0,70 – 0,65
batu bata, paving	0,50 – 0,70

Sumber : Drainase perkotaan yang berkelanjutan

#### 2.11.6 Debit Rencana

Debit rencana menunjukkan aliran air maksimum yang harus diizinkan di saluran drainase untuk mencegah banjir. Debit banjir maksimum untuk periode ulang 5 tahun untuk drainase perkotaan dan jalan raya sebagai debit rencana menunjukkan probabilitas banjir maksimum satu kali dalam lima tahun, dua kali dalam sepuluh tahun, atau 25 kali dalam seratus tahun.

Salah satu tugas terpenting dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air adalah menentukan debit banjir maksimum untuk periode ulang dua tahunan, khususnya dalam desain pekerjaan seperti jembatan, bendungan, dan drainase. Debit banjir maksimum untuk periode ulang dua tahun harus dipertimbangkan sebagai berikut:

- a. Dibandingkan dengan banjir yang disebabkan oleh meluapnya air sungai, resiko banjir yang disebabkan oleh hujan relatif kecil.
- b. Dalam kasus-kasus dimana saluran harus direncanakan untuk melayani debit banjir maksimum dengan periode ulang lebih dari 100 tahun, lahan perkotaan yang tersedia relatif terbatas.
- c. wilayah metropolitan berubah dalam jangka waktu yang tidak dapat ditentukan, sehingga menyebabkan perubahan pada saluran resapan.

Kurangnya data aliran menimbulkan masalah dalam menyiapkan rencana debit untuk drainase jalan raya dan perkotaan. Biasanya, hubungan rasional antara air hujan dan limpasannya, yang juga disebut sebagai metode rasional, digunakan dalam menentukan debit aliran yang disebabkan oleh air hujan. Perkiraan volume 25 liter air limbah per orang per hari dibuang ke sebuah rumah.

Standar yang ditetapkan dapat digunakan dalam perencanaan saluran drainase, seperti debit rencana periode ulang dan metode analisisnya, tinggi jagaan, struktur saluran, dan lain-lain. Berdasarkan “Pedoman Drainase Perkotaan dan Standar Desain Teknis”, norma desain saluran drainase adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.7 di bawah ini

**Tabel 2. 7** nilai kriteria hidrologi perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode ulang (tahun)	Metode perhitungan debit banjir
< 10	2	Rasional
10 – 100	2 – 5	Rasional
101 – 500	5 – 20	Rasional
>500	10 – 25	Hidrograf satuan

Sumber : Drainase perkotaan yang berkelanjutan

#### 1. Metode Rasional

Menurut Suripin 2004, metode USSCS Sane 1993 biasanya digunakan untuk memperkirakan laju limpasan permukaan. Metode ini sangat mudah dan nyaman untuk digunakan, tetapi penerapannya terbatas. Hidrograf tidak dapat

menggunakan metode ini untuk menentukan hubungan aliran permukaan - curah hujan karena metode ini merupakan model kotak hitam.

$$Q = 0,278 C.I.A$$

Dimana:

Q = debit curah hujan ( $m^3/s$ ).

C = koefisien aliran permukaan.

I = intensitas curah hujan (mm/hour).

A = luas daerah aliran ( $km^2$ ).

### 2.11.7 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan mengacu pada jumlah curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam mm/jam. Semakin lama durasi curah hujan dan semakin sering terjadi, semakin besar intensitas hujannya. Intensitas hujan mengacu pada ketinggian hujan selama periode di mana air hujan terkonsentrasi. Umumnya, intensitas hujan dikaitkan dengan jangka waktu hujan sesaat seperti 5 menit, 30 menit, satu jam.

Karakteristik curah hujan meliputi intensitas curah hujan. Durasi curah hujan mengacu pada lamanya kejadian dan dapat diukur dalam menit, jam, atau hari dengan menggunakan penakar hujan otomatis. Durasi curah hujan sering digunakan secara bergantian dengan istilah waktu konsentrasi dalam aspek-aspek yang berkaitan dengan pengelolaan limbah, terutama dalam drainase perkotaan yang melibatkan durasi yang singkat karena hanya ada kapasitas terbatas untuk menangani curah hujan yang panjang. Kurva intensitas hujan, bagaimanapun juga, didefinisikan sebagai grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan durasinya. Kurva tersebut menggambarkan hubungan pada periode ulang hujan tertentu.

Selama penilaian hidrologi area drainase, perhatian harus diberikan pada jumlah hujan yang turun. Hubungan antara durasi hujan Mononobe dan intensitas curah

hujan harus dihitung dengan menggunakan rumus empiris untuk analisis yang benar.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3}$$

Dimana:

$I$  [24 t] = intensitas hujan (mm/jam).

$t$  = lamanya hujan (jam).

$R_{24}$  = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm).

Rumus mononobe sering digunakan di Jepang, digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan setiap berdasarkan data harian curah hujan.

Berdasarkan hasil analisa, penjelasan mengenai durasi hujan rata-rata yang terjadi dalam enam jam area tangkapan hujan, informasi dari instansi terkait, dan data historis hujan melibatkan beberapa aspek yang harus dipertimbang.

#### **2.11.8 Analisa Curah Hujan**

Analisis frekuensi data hidrologi adalah analisis statistik yang digunakan untuk memprediksi jumlah curah hujan atau debit dengan periode ulang tertentu. Pengulangan curah hujan adalah probabilitas bahwa jumlah curah hujan akan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, interval waktu pengembalian adalah periode waktu di mana curah hujan atau debit dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui satu kali dalam periode tersebut.

Curah hujan merupakan hal yang penting dalam analisis hidrologi. Hujan yang diketahui adalah total hujan yang jatuh dalam sehari karena pengukuran hujan dilakukan secara manual dan otomatis selama 24 jam. Hujan rencana adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan dalam menentukan intensitas hujan, yang kemudian digunakan untuk memperkirakan debit rencana, dan hujan rencana ini digunakan dalam analisis. Untuk curah hujan rencana yang lebih rinci, data curah

hujan yang diperlukan tidak hanya data curah hujan harian tetapi juga distribusi per jam atau per menit. Penggunaan data hujan yang diukur dengan alat ukur otomatis lebih disarankan karena hal ini akan mempengaruhi pemilihan data. Dalam pembuatan saluran resapan, periode ulang yang digunakan tergantung dari kapasitas saluran dan luas daerah tangkapan hujan yang akan dialirkan.

Periode ulang tahunan yang digunakan:

- a. Saluran primer : Periode ulang 10 tahun
- b. Saluran sekunder : Periode ulang 5 tahun
- c. Saluran tersier : Periode ulang 2 tahun
- d. Saluran kwarter : Periode ulang 1 tahun

Dalam perencanaan dan perancangan bangunan air, seperti bendungan, tanggul, atau saluran drainase, menjadi sangat penting untuk mengetahui cara menentukan besaran banjir yang direncanakan, yaitu prediksi banjir terbesar yang diperkirakan akan terjadi pada periode tertentu.

### 2.12 Analisa Hidrolika

Cairan fluida dapat dengan mudah diangkut dari satu lokasi ke lokasi lain melalui pembawa alami atau buatan. Selain itu, saluran ini bisa tertutup atau terbuka. Saluran tertutup mengacu pada pembawa yang tertutup di bagian atas, sedangkan pembawa terbuka adalah pembawa yang dibuka dari atas.

Salah satu aspek analisis yang diharapkan dihasilkan dalam hidrologi adalah estimasi kuantitas desain, baik curah hujan, banjir, atau elemen hidrologi lainnya, untuk mendukung perencanaan bangunan hidraulik. Ini adalah pertanyaan yang rumit karena di satu sisi, hasil yang memuaskan diperlukan, sementara di sisi lain, sarana yang tersedia terbatas.

Aliran saluran terbuka atau aliran saluran tertutup-juga disebut aliran pipa-dapat terjadi di dalam saluran. Pada aliran saluran terbuka, terdapat tempat tinggal air bebas (permukaan bebas). Permukaan bebas ini secara langsung terkena tekanan udara luar. Pada aliran saluran tertutup, karena seluruh saluran terisi air, maka tidak

ada permukaan bebas. Pada aliran saluran tertutup, satu-satunya tekanan eksternal yang bekerja secara langsung pada permukaan air adalah tekanan hidraulik dalam aliran. Pada aliran terbuka, aliran diasumsikan paralel, kecepatan bervariasi, dan kemiringannya kecil, semuanya untuk tujuan penyederhanaan. Dalam hal ini, garis derajat hidraulik menjadi permukaan air, dan ketinggian tekanan sama dengan kedalaman air. Meskipun perbedaan antara aliran pipa bertekanan dan aliran saluran terbuka sangat kecil, masalah aliran menjadi sangat sulit untuk dipecahkan. Alasannya, kedalaman aliran, debit, kemiringan dasar saluran dan posisi permukaan bebas saling bergantung, sedangkan permukaan air bebas selalu berusaha berubah seiring dengan ruang dan waktu. Permukaan bebas air tidak selalu tetap seperti itu pada saluran tertutup, seperti halnya pada aliran pipa.

Aliran di saluran terbuka bervariasi dari saluran alami, termasuk sungai kecil yang ditemukan di daerah hulu atau perbukitan hingga sungai besar di muara, hingga saluran buatan, yang meliputi saluran drainase di tepi jalan, saluran irigasi untuk mengairi sawah, saluran pembuangan limbah, saluran untuk memasok air ke pembangkit listrik tenaga air, saluran pasokan air minum, pembawa banjir. Di sisi lain, saluran buatan dapat berbentuk segitiga, trapesium, segiempat, lingkaran, setengah lingkaran, dan kombinasi.

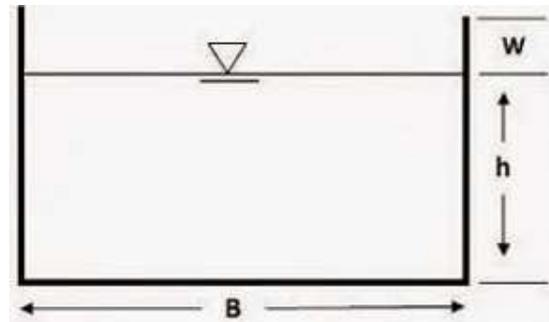
### **2.12.1 Dimensi Penampang Saluran**

Penampang paling ekonomis pada saluran terbuka ini adalah yang memaksimalkan kapasitas pembuangan dalam kondisi tertentu. Ini adalah konsep penting untuk memastikan bahwa saluran harus memiliki kapasitas debit maksimum dengan biaya minimum.

#### **a. Penampang Berbentuk Persegi**

Luas penampang basah  $A$  dan keliling basah  $P$  adalah sama pada saluran berpenampang persegi dengan lebar dasar  $B$  dan kedalaman air  $h$ . Maka bentuk penampang persegi yang paling bijaksana adalah dengan mengasumsikan kedalaman adalah sebagian dari lebar dasar saluran atau sapuan yang digerakkan oleh tekanan sekitar 50% dari kedalaman air.

**Tabel 2. 8** drainase dengan penampang persegi panjang



Analisa dengan penampang persegi ekonomis:

A : Luas penampang

$$A = h \times B$$

P : keliling basah

$$P = (2xh) + B$$

R : Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P}$$

V : Kecepatan aliran

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

### 2.12.2 Dimensi Saluran

Perhitungan aspek saluran tergantung pada debit yang harus dialirkan oleh saluran,  $Q_s$  dalam  $m^3/dtk$ , yang lebih penting atau setara dengan debit pengaturan yang diakibatkan oleh curah hujan rencana  $Q_T$  dalam  $m^3/dtk$ .

$$Q_s \geq Q_T$$

Saluran dapat menampung debit ( $Q_s$ ) dapat diperoleh dengan persamaan dibawah

$$Q_s = A \cdot V$$

Dimana:

$Q_s$  = debit aliran pada saluran (m<sup>3</sup>/s).

$A$  = luas penampang basah (m<sup>2</sup>).

$V$  = kecepatan aliran (m/det).

Untuk mencari nilai kecepatan aliran dalam saluran terbuka, salah satu metode yang umum digunakan adalah persamaan Manning. Persamaan ini membantu menghitung kecepatan aliran ( $V$ ) berdasarkan beberapa parameter penting seperti kekasaran permukaan saluran, kemiringan dasar saluran, dan bentuk serta ukuran penampang basah.

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

Dengan:

$V$  = kecepatan aliran (m/det).

$n$  = koefisien kekasaran manning.

$R$  = jari-jari hidrolis (m).

$S$  = kemiringan dasar saluran.

Nilai  $R$  dapat dicari dengan rumus dibawah

$$R = \frac{A}{P}$$

Dengan:

$R$  = jari-jari hidrolis (m).

$A$  = luas penampang basah (m<sup>2</sup>).

$P$  = keliling penampang basah (m).

Salah satu metode umum untuk menentukan kecepatan aliran dalam aliran saluran terbuka adalah rumus Manning. Persamaan ini memudahkan perkiraan kecepatan aliran,  $V$ , sehubungan dengan berbagai parameter penting, seperti kekasaran permukaan saluran, kemiringan dasar saluran, dan bentuk serta ukuran penampang yang dibasahi. Nilai kekasaran Manning  $n$ , saluran pasangan dapat dilihat pada Tabel 2.9

**Tabel 2. 9** nilai koef kekasaran manning

No.	Tipe Saluran	Koefisien Manning (n)
1	Besi tuang lapis	0,014
2	Kaca	0,010
3	Saluran beton	0,013
4	Bata dilapis mortar	0,015
5	Pasangan batu disemen	0,025
6	Saluran tanah bersih	0,022
7	Saluran tanah	0,030
8	Saluran dengan dasar baru dan tebing rumput	0,040
9	Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber : ISBN: 979 – 8382 – 49 – 8, 1994

**Tabel 2. 10** ketentuan kemiringan saluran berdasarkan bahan saluran

No.	Bahan Saluran	Kemiringan Dinding (m)
1	Batuan/ cadas	0
2	Tanah lumpur	0,25
3	Lempung keras/ tanah	0,5 – 1
4	Tanah dengan pasangan batuan	1
5	Lempung	1,5
6	Tanah berpasir lepas	2
7	Lumpur berpasir	3

Sumber : ISBN: 979 – 8382 – 49 – 8, 1994