

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Dalam penelitian terdahulu digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dibahas serta diperlukan referensi pendukung yang efektif. Berikut beberapa studi yang berkaitan dengan tugas akhir ini yaitu :

1. (R. D. Prasetyo, Y. Cahyo, A. Ridwan, 2019). Judul penelitian Analisa Perencanaan Sistem Drainase Dalam Upaya Penanggulangan Banjir Di Kecamatan Gandusari Kabupaten Trenggalek. Penelitian ini bertujuan untuk mengalirkan air hujan dan membuang limbah domestik di Kecamatan Gandusari, Kabupaten Trenggalek, yang sering banjir akibat saluran drainase yang kurang memadai serta menghitung biaya pembangunan sistem drainase. Dari hasil Analisa perhitungan didapatkan debit kumulatif air hujan dan air kotor sebesar 0,469 m<sup>3</sup>/dt, serta mendapat dimensi saluran drainase yang ideal untuk menampung debit limpasan dengan tinggi 1,5 m, lebar 0,7 m dan panjang 500 m. serta didapat RAB sebesar Rp. 794.048.000. sehingga penelitian tersebut bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem drainase yang ada, apakah drainase tersebut cukup efektif dalam mencegah banjir.
2. (Rusdie, Ir. I Wayan Mundra, MT, Nenny Roostrianawaty, ST., MT, 2021). Judul penelitian Evaluasi Dan Perencanaan Ulang Sistem Drainase Pada Kawasan Jalan Sudimoro Kota Malang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui curah hujan rencana terbesar. Berdasarkan dari perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting yang dimana tidak semua saluran drainase dapat mampu menampung debit banjir rencana. Oleh karena itu diperlukannya alternatif lain guna menanggulangi banjir dengan perencanaan ulang saluran drainase.tersebut diperlukannya dimensi drainase baru.
3. (Sriliani Surbakti, ST., MT, 2021). Judul penelitian Normalisasi Drainase Perkotaan Pada Ruas Jalan Krucil – Tambelang (R.53) Kabupaten Probolinggo. Penelitian ini bertujuan untuk Menormalisasi sistem drainase di Ruas Jalan Krucil – Tambelang (R.53) diperlukan. Berdasarkan kondisi saat ini pada ruas jalan dari sta 0+00 hingga 2+900 di Jalan Krucil – Tambelang (R.53) di

Kabupaten Probolinggo, kapasitas saluran drainase tidak mampu mengakomodasi aliran menuju outlet yang mengikuti kontur jalan. Hal ini menyebabkan masalah genangan air saat musim hujan, yang mengganggu arus lalu lintas dan meningkatkan kadar air, sehingga melemahkan struktur perkerasan jalan secara keseluruhan. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah ini, diperlukan pembangunan saluran drainase yang baru.

4. (E. D. Relaga, Muhammad Amin, ST., MT, Arrizka Yanar A, ST., M. Eng 2022). Judul penelitian Studi Evaluasi Saluran drainase Di Dusun Banyak Kecamatan Mertoyudan Kabupaten Magelang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jumlah debit banjir dan menganalisis kapasitas penampang saluran drainase. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan nilai debit banjir ( $Q_p$ ) dan kapasitas aliran eksisting ( $Q_c$ ). Menunjukkan debit banjir kala ulang 2 tahun adalah  $0,145 \text{ m}^3/\text{dt}$ , sedangkan kapasitas saluran eksisting rata-rata tidak mampu menampung debit banjir tersebut. Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang saluran drainase sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2014, dengan desain saluran persegi berukuran lebar ( $b$ ) =  $0,6 \text{ m}$  dan tinggi ( $h$ ) =  $0,8 \text{ m}$ , sehingga saluran dapat menampung debit sebesar  $0,320 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan dinyatakan aman.
5. (D. Marbun, Sriliani Surbakti, ST., MT, Nenny Roostrianawaty, ST., M, 2023). Judul Perencanaan Ulang Sistem Drainase Di Kawasan Jalan Raden Panji Suroso- Jalan Raden Intan Kota Malang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jika tidak semua saluran drainase tersebut mampu menampung debit banjir rencana. Dimana dalam analisa perhitungan debit banjir rencana untuk kala ulang 5 tahun didapatkan sebesar  $0,2837 \text{ m}^3/\text{dt}$ , sedangkan dalam analisa untuk debit saluran eksisting di Jalan Teluk Etna 2 Kanan didapatkan  $0,1525 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Sehingga dimensi saluran tersebut dapat direncanakan ulang agar dapat mampu menampung debit banjir rencana. Yang dimana setelah direncanakan ulang dengan menggunakan dimensi baru tersebut dapat menghasilkan debit aliran baru sehingga dapat mampu menampung debit banjir rencana sebesar  $0,2837 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

## 2.2 Drainase

- **Pengertian Drainase**

Drainase adalah pembuangan massa air baik secara alami maupun buatan dari permukaan atau bawah permukaan dari suatu tempat. Di bidang teknik sipil, drainase dibatasi sebagai serangkaian saluran air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan agar tidak tergenang.

Drainase secara umum dapat diartikan sebagai suatu tindakan teknis yang bertujuan untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi di suatu area atau lahan, sehingga fungsi lahan tersebut tetap terjaga. Selain itu, drainase juga berhubungan dengan upaya untuk mengendalikan kualitas air tanah terkait dengan sanitasi. Dengan demikian, drainase mencakup pengelolaan tidak hanya terhadap air permukaan, tetapi juga air tanah (Suripin, 2004).

Drainase berasal dari istilah dalam bahasa Inggris, yaitu "*drainage*," yang berarti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Dalam konteks Teknik Sipil, drainase secara umum dapat diartikan sebagai suatu tindakan teknis yang bertujuan untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi di suatu area atau lahan, sehingga fungsi lahan tersebut tidak terganggu (Suripin, 2004).

Drainase berfungsi untuk mengendalikan kelebihan air permukaan agar tidak merugikan masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Sistem drainase ini mengelola pembuangan kelebihan air di suatu kota dengan cara mengalirkannya melalui permukaan tanah (*Surface Drainage*) atau di bawah permukaan tanah (*Sub Surface Drainage*), sehingga air dapat dibuang ke saluran drainase yang mirip dengan jaringan jalan. Saluran utama terdiri dari sungai-sungai yang mengalir melalui kota, dan jika jumlahnya tidak mencukupi, maka perlu dibuat kanal (Saidah, 2021).

- **Jenis Drainase**

Menurut Suripin (2004) drainase terdiri dari beberapa jenis, antara lain :

A. Menurut Bentuknya

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alamiah merupakan drainase yang terbentuk secara alamiah dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu / beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

2. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan adalah drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan berdasarkan kebutuhan tertentu dan secara fisik berupa saluran pasangan batu / beton, gorong- gorong, pipa dan sebagainya.

B. Menurut Letak Saluran

1. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Merupakan drainase yang berada di permukaan tanah yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan.

2. Drainase Bawah Tanah (*Sub Surface Drainage*)

Merupakan saluran drainase yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah dikarenakan alasan-alasan tertentu. Drainase seperti ini memiliki pertimbangan tertentu, yaitu: tuntutan artistik, tuntutan permukaan tanah yang tidak memperbolehkan adanya saluran permukaan tanah seperti di lapangan bola dan lain-lain.

C. Menurut Fungsi

1. Fungsi Tunggal

Merupakan saluran drainase yang berfungsi untuk mengalirkan satu jenis air buangan. Misalnya jenis air buangan seperti limbah industri dan lain-lain.

2. Multifungsi

Merupakan saluran drainase yang berfungsi untuk mengalirkan beberapa jenis air buangan, baik bercampur ataupun terpisah.

#### D. Menurut Konstruksi

##### 1. Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah jenis saluran drainase yang tidak tertutup dan biasanya terletak di permukaan tanah.

##### 2. Saluran Tertutup

Saluran tertutup adalah jenis saluran drainase yang sepenuhnya tertutup dan biasanya terbuat dari bahan seperti beton, pipa, atau material lainnya.

#### • Fungsi Drainase

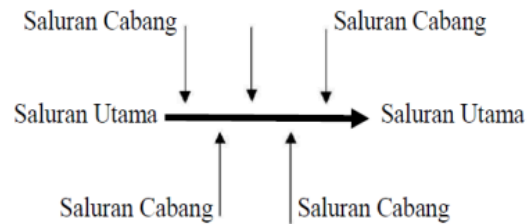
1. Membebaskan satu wilayah (terutama yang padat pemukiman) dari genangan air, erosi dan banjir.
2. Karena aliran lancar maka drainase juga berfungsi memperkecil resiko kesehatan lingkungan, bebas dari malaria dan penyakit lainnya.
3. Kegunaan tanah pemukiman padat akan terjadi lebih baik karena terhindar dari kelembaban.
4. Dengan sistem yang baik taat guna lahan padat dioptimalkan dan juga memperkecil kerusakan-kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan bangunan lainnya.

#### • Pola Jaringan Drainase

Pola jaringan drainase merujuk pada susunan dan konfigurasi saluran drainase yang ada di suatu daerah, yang terbentuk akibat interaksi antara faktor-faktor geologis, topografis, dan penggunaan lahan. Pola ini penting dalam perencanaan dan pengelolaan sistem drainase, karena mempengaruhi aliran air, pengendalian banjir, dan pengelolaan sumber daya air. Menurut Satria (2020) ada beberapa tipe pola jaringan drainase, yaitu :

##### A. Jaringan Drainase Siku

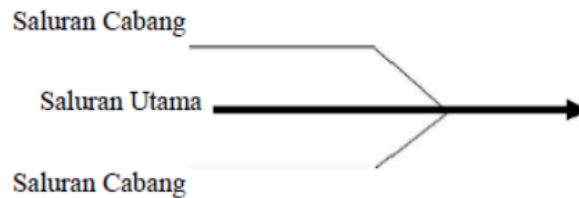
Jaringan drainase siku merupakan sistem drainase yang dirancang secara terstruktur, biasanya diterapkan di kawasan perkotaan atau industri, di mana saluran - saluran dibangun membentuk sudut tajam guna mengarahkan aliran air menuju saluran utama atau badan penerima.



Gambar 2.1 Pola Jaringan Drainase Siku

### B. Jaringan Drainase Paralel

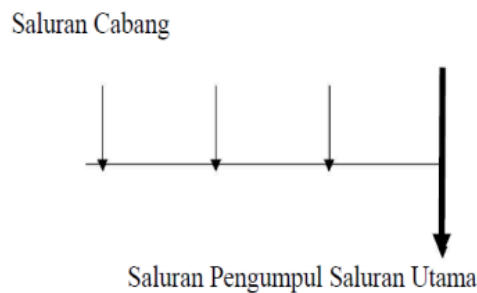
Saluran drainase paralel adalah jenis saluran drainase yang dibangun sejajar satu sama lain, biasanya dengan jarak tertentu di antara masing-masing saluran. Pola ini sering digunakan dalam perencanaan sistem drainase untuk mengalirkan air hujan atau air permukaan secara efisien dari area tertentu menuju saluran utama atau badan air penerima.



Gambar 2.2 Pola Jaringan Drainase Paralel

### C. Jaringan Drainase Grid Iron

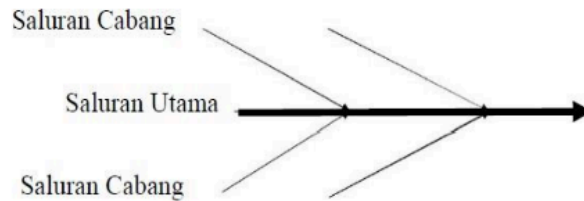
Jaringan drainase grid iron adalah pola jaringan drainase yang ditandai dengan saluran-saluran yang dibangun dalam bentuk kisi-kisi atau grid, dengan saluran-saluran yang saling berpotongan pada sudut yang hampir tegak lurus (90 derajat). Pola ini sering digunakan dalam perencanaan di area perkotaan, di mana ruang terbatas dan pengelolaan aliran air yang efisien sangat penting.



Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase Grid Iron

#### D. Jaringan Drainase Alamiah

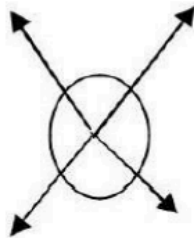
Jaringan drainase alamiah adalah pola aliran air yang terbentuk secara alami di permukaan tanah, tanpa intervensi manusia.



*Gambar 2.4 Jaringan Drainase Alamiah*

#### E. Jaringan Drainase Radial

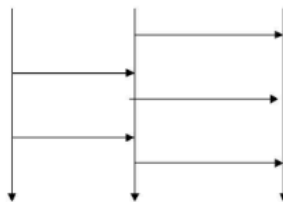
Jaringan drainase radial adalah pola aliran air yang terbentuk di sekitar titik pusat, seperti puncak gunung atau bukit, di mana saluran-saluran drainase mengalir menjauh dari titik tersebut dalam arah yang berbeda. Pola ini menyerupai bentuk jari-jari roda yang mengalir dari pusat ke luar.



*Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase Radial*

#### F. Jaringan Drainase Jaring- Jaring

Jaringan drainase jaring-jaring, atau retikulasi, adalah pola aliran air yang terdiri dari saluran-saluran yang saling berhubungan dan membentuk jaringan yang kompleks.



*Gambar 2.6 Pola Jaringan Drainase Jaring- jaring*

## 2.3. Analisa Data Curah Hujan

### 2.3.1 Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Uji konsistensi data curah hujan merupakan proses untuk memeriksa dan memastikan bahwa data curah hujan yang dikumpulkan akurat. Pada data curah hujan yang tersedia ada yang tidak sesuai atau berbeda dari biasanya. Hal ini bisa terjadi karena ada perubahan atau gangguan sekitar seperti alat ukur hujan, sehingga membuat hasil pengukuran tidak sama dan kurang akurat dengan pola sebelumnya. Cara pengujian konsistensi data hujan dapat dilakukan dengan metode berikut :

*Metode Curva Massa Ganda* melibatkan pemilihan stasiun yang akan diuji dan stasiun referensi, kemudian membandingkan nilai kumulatif dari kedua seri data tersebut. Stasiun referensi diambil dari rata-rata data beberapa stasiun terdekat. Nilai kumulatif dari seri data tersebut digambarkan dalam grafik pada sistem koordinat kartesius (X-Y), dan kurva yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi titik-titik yang menunjukkan perubahan atau patahan gradien. Jika kurva membentuk garis lurus, maka data dianggap konsisten. Berikut adalah rumus *Metode Curva Massa Ganda*:

$$H = \frac{tg\alpha}{tg\beta} x H_o \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

$H_z$  = Data hujan yang diperbaiki

$H_o$  = Data hujan hasil pengamatan

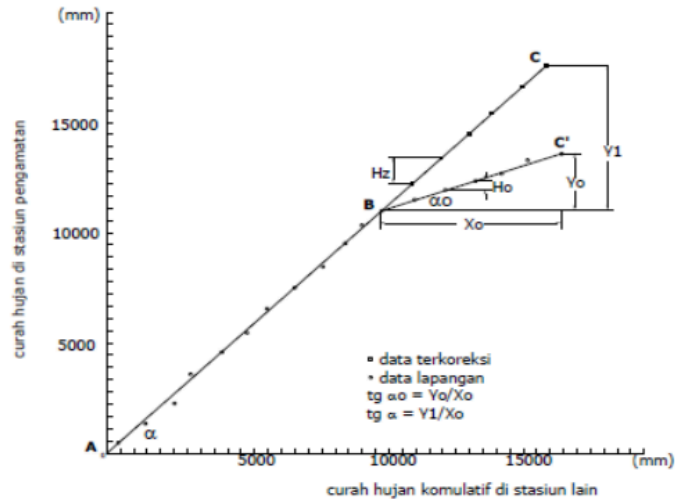
$tg\alpha$  = Kemiringan sebelum ada perubahan

$tg\beta$  = Kemiringan seelah ada perubahan

Menurut Kamiana (2011) ada beberapa langkah-langkah untuk menggambar *Curva Massa Ganda*, yaitu :

1. Menentukan stasiun yang dianggap konsisten. Dalam hal ini penyusun menganggap P1 konsisten.
2. Menentukan stasiun yang dianggap sebagai pembanding. Dalam hal ini penyusun menganggap P1, P2, P3, dan P5 adalah stasiun pembanding.
3. Menentukan rata-rata kumulatif dari P1.

4. Lalu didapatkan hasil grafik seperti pada gambar 2.13 menurut Kamiana (2011)



Gambar 2. 7 Contoh Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Dalam Kurva Massa Ganda, kalau tidak terdapat perubahan lingkungan maka akan didapatkan garis ABC, tetapi karena pada suatu tahun terjadi perubahan lingkungan maka akan didapat garis patah ABC'. Penyimpangan tiba tiba dari garis semula menunjukkan adanya perubahan tiba tiba dalam pengamatan. Jadi perubahan tersebut bukan disebabkan oleh perubahan iklim atau keadaan hidrologis yang dapat menyebabkan adanya perubahan trend.

### 2.3.2 Curah Hujan Rata-rata Daerah

Curah hujan yang dibutuhkan untuk merancang pemanfaatan air yaitu rata-rata wilayah yang bersangkutan, tidak hanya satu tetapi ada beberapa titik tertentu. Menurut Ajr dan Dwirani (2019), terdapat beberapa macam metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan daerah, yaitu :

#### A. Metode Rata-Rata Aljabar

Metode ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan pada beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan ditambahkan dan dibagi dengan jumlah stasiun. Metode ini cocok untuk Kawasan dengan topografi yang rata atau datar, Persamaan metode ini, yaitu :

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

$$P = \text{Tinggi curah hujan rata-rata.}$$

$$P_1 + P_2 + P_3 \dots P_n = \text{Tinggi curah hujan pada pos penakar.}$$

$$n = \text{Banyak pos penakar.}$$

### B. Metode Poligon Thiessen

Metode Poligon *Thiessen* atau metode rata-rata timbangan (*Weighted Mean*). Merupakan salah satu cara untuk memberikan batasan suatu daerah yang dipengaruhi oleh setiap stasiun hujan. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis - garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Berikut cara penggambaran Poligon *Thiessen*, yaitu :

1. Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta, kemudian dibuat garis lurus penghubung antar pos penakar.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk Poligon *Thiessen* (Gambar 2.15). Selanjutnya, curah hujan pada pos pada jarak terdekat dianggap representasi hujan pada wilayah dalam poligon yang bersangkutan.
3. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan AutoCad.
4. Hujan rata-rata dapat dihitung dengan rumus berikut, menurut Pangaribuan, (2019).

$$D = \frac{D_1 A_1 + D_2 A_2 + D_3 A_3 \dots D_n A_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.4)$$

Jika,  $\frac{A_i}{A} = P_i$  yang merupakan prosentase luas muka.

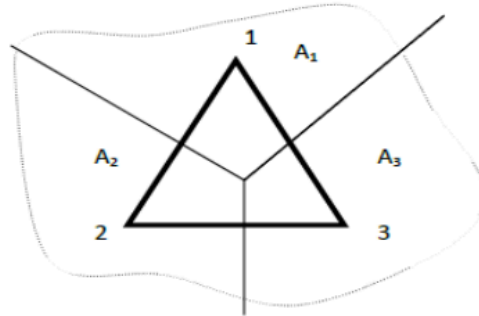
dengan :

$$D_1 + D_2 + D_3 \dots D_n = \text{Curah hujan di stasiun 1,2,3, ... n}$$

$$A_1 + A_2 + A_3 \dots A_n = \text{Luas daerah pengaruh di stasiun}$$

$$D = \text{Tinggi curah hujan rata-rata areal}$$

$A$  = Luas daerah (km)  
 $\sum_i^n P_i$  = Jumlah prosentasi luas = 100 %



Gambar 2. 8 Polygon Thiessen

Misalnya  $A_1$  adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1,  $A_2$  luas daerah pengaruh pos penakar 2 dan seterusnya. Jumlah  $A_1 + A_2 + A_3 \dots A_n = A$  adalah merupakan jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya. Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan  $D_1$ , pos penakar 2 menakar  $D_2$ , hingga pos penakar  $n$  menakar  $D_n$ .

C. Metode Isohyet

Metode ini adalah yang paling akurat jika dibandingkan dengan metode Poligon *Thiessen* dan rata-rata aljabar. Metode ini cocok diterapkan di daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km<sup>2</sup>. Menurut Arj dan Dwirani (2019), metode isohyet melibatkan beberapa langkah sebagai berikut :

1. Plot data kedalaman air hujan tiap pos penakar hujan pada peta.
2. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama.
3. Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan AutoCad. Kalikan masing-masing luas area dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.
4. Persamaan hitungan metode isohyet menurut Pangaribuan, 2019 untuk menghitung No. DAS sebagai berikut :

$$P = \frac{A_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right) + A_2\left(\frac{P_2+P_3}{2}\right) + \dots + A_{n-1}\left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2}\right)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1}} \dots\dots\dots (2.5)$$

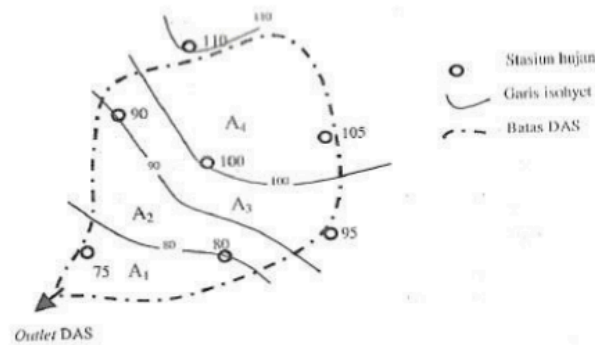
dengan :

$P$  = Curah hujan rata-rata daerah

$A_1 + A_2 + A_3 \dots A_n$  = Luas area total

$P_1 + P_2 + P_3 \dots P_n$  = Curah hujan pada isohyet 0, 1, 2, ..., n

$A_1, A_2, A_3 \dots A_n$  = Luas bagian area yang dibatasi oleh garis isohyet



Gambar 2.9 Metode Isohyet

Pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut menurut Kastamso (2012), yaitu

Tabel 2.1 Penentuan Penggunaan Metode Curah Hujan Daerah

Metode Curah Hujan Daerah	
<b>1. Jarring- Jaring Pos Penangkar Hujan</b>	
Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode Isohyet, Thiessen atau Rata-Rata Aljabar dapat digunakan
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Thiessen atau Rata-Rata Aljabar
Pos penangkar hujan tunggal	Metode hujan titik
<b>2. Luas DAS</b>	
DAS besar	Metode Isohyet
DAS sedang	Metode Thiessen
DAS kecil	Metode Rata-Rata Aljabar
<b>3. Topografi DAS</b>	
Pegunungan	Metode Rata-Rata Aljabar
Dataran	Metode Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Metode Isohyet

### 2.3.3 Analisa Frekuensi Dan Probabilitas Hujan

Analisis frekuensi digunakan untuk menentukan probabilitas dari besaran curah hujan yang direncanakan, yang diambil dari data curah hujan rata-rata di suatu

daerah. Menurut Suripin (2004) dalam statistik, terdapat beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data, termasuk rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien skewness (kemencengan), dan koefisien kurtosis. Berikut beberapa parameter statistika, yaitu :

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Sd = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$C_v = \frac{sd}{x_r} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - x)^3}{(n-1)(n-2)s^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - x_r)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^3} \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan :

$x$  = Rata- rata

$S_d$  = Simpangan baku

$C_v$  = Koefisien variasi

$C_s$  = Koefisien Skewenes

$C_k$  = Koefisien Kurtosis

Menurut Monica (2017) Syarat jenis pemilihan metode dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik Distribusi Frekuensi

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat Distribusi
Distribusi Normal	$C_s = 0$ dan $C_k = 3$
Distribusi Log Normal	$C_s \sim 3 C_v + C_v^2 = 3$ $C_k = 5,383$
Distribusi Gumbel	$C_s \leq 1,139$ dan $C_k \leq 5,402$
Distribusi Log Pearson Type III	$C_s \neq 0$

Periode ulang adalah curah hujan dengan durasi dan intensitas tertentu yang dianggap dapat terjadi atau memiliki kemungkinan untuk terjadi satu kali dalam rentang waktu yang telah ditentukan. Berdasarkan tabel 2.3, menurut Lengkon (2018), periode ulang yang digunakan dapat ditentukan berdasarkan daerah pengaliran saluran dan tripologi kota.

Tabel 2 3 Periode Ulang Perencanaan Drainase Perkotaan

Kelas kota	CA<10 Ha	CA 10 – 100 Ha	CA 100 – 500 Ha	CA>500 Ha
Metropolitan	2	5	10	15
Besar	2	5	5	15
Sedang	2	5	5	10
Kecil	2	2	2	5

Dalam tabel tersebut, CA (*catchment area*) yang merupakan luas daerah tangkapan atau wilayah pelayanan dari suatu sistem saluran drainase. CA digunakan untuk pengelompokan wilayah berdasarkan potensi aliran air permukaan yang harus ditangani.

Metode perhitungan curah hujan rencana dapat menggunakan metode Rencana Normal, Log Pearson III, Log Normal, dan Gumbel. Namun metode Log Pearson III lebih sering digunakan karena metode ini lebih luwes dan dapat digunakan untuk semua macam sebaran data.

A. Hujan Rencana Normal

$$x_{Tr} = x_r + k_T(S) \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan :

$x_{Tr}$  = Nilai hujan rencana dengan periode ulang tertentu

$x_r$  = Nilai curah hujan rata-rata

$S_d$  = Standar deviasi

$k_T$  = Faktor distribusi dari tabel normal

Menurut Suripin (2004) metode distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Distribusi Normal memiliki fungsi kerapatan probabilitas yang dapat dilihat pada tabel 2.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss.

Tabel 2.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang, T (Tahun)	Peluang	$k_T$
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88

B. Hujan Rencana Log Normal

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + K_T \times S \text{ Log } X \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.14)$$

dengan :

$\text{Log } X_T$  = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T

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

$S \text{ Log } X$  = Nilai rata-rata populasi  $X$

$K_T$  = Faktor frekuensi

Menurut Suripin (2004), hujan rencana log-normal merupakan jenis distribusi statistik yang digunakan untuk menganalisis data hujan ekstrem, di mana data hujan yang dianalisis terlebih dahulu ditransformasikan menjadi logaritma agar mendekati distribusi normal. Dapat dilihat pada tabel 2.5 untuk standar variabel.

Tabel 2.5 Standar Variabel  $K_T$

T	$K_T$	T	$K_T$	T	$K_T$	T	$K_T$	T	$K_T$
1	-1.86	10	1.26	35	2.41	80	3.21	150	3.84
2	-0.22	11	1.35	40	2.54	85	3.28	160	3.91
3	0.17	12	1.43	45	2.65	90	3.33	170	3.97
4	0.44	13	1.5	50	2.75	96	3.34	180	4.03
5	0.64	14	1.57	55	2.86	100	3.45	190	5.09
6	0.81	15	1.63	60	2.93	110	3.53	200	4.14
7	0.95	20	1.89	65	3.02	120	3.62	220	4.24
8	1.06	25	2.1	70	3.08	130	3.7	240	4.33
9	1.17	30	2.27	75	3.6	140	3.77	260	4.42

C. Hujan Rencana Log Pearson Type III

Rumus Log Pearson Type III menurut Lestari (2016) yaitu :

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } X + K_{Tr} \times S_{\text{Log } X} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$S_{\text{Log } X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.17)$$

dengan :

$\text{Log } X_{Tr}$  = Nilai hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\text{Log } X$  = Nilai curah hujan rata-rata

$S_{\text{Log } X}$  = Simpangan baku

$K_{Tr}$  = Koefisien frekuensi di dapat berdasarkan hubungan nilai  $C_s$  dengan periode ulang T

Menurut Suripin (2004), pada distribusi *Log Pearson Type III*, merupakan salah satu parameter utama yang digunakan dalam perhitungan hujan rencana. Dengan demikian, menurut Limantara (2018) analisa frekuensi untuk data hidrologi di Indonesia disarankan menggunakan distribusi *Log Pearson Type III* karena menurut pengalaman distribusi tersebut relatif fleksibel.

Berikut merupakan Nilai G yang dihitung dari data logaritma curah hujan maksimum tahunan. Pada tabel 2.6 dapat dilihat nilai G Untuk Distribusi *Log Pearson Type III*.

Tabel 2.6 Nilai G Untuk Distribusi Log Pearson Type III

Koef, G	Interval Kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	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	-0,725	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,752	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,777	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,799	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	1,128	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
-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
-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

D. Hujan Rencana E. J. Gumbel

Menurut Upomo & Kusumawardani (2016), metode Gumbel digunakan untuk menghitung curah hujan rencana yang merupakan estimasi curah hujan maksimum yang mungkin terjadi dalam periode tertentu (kala ulang).

perhitungan curah hujan rencana metode gumbel mempunyai rumusan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + S x K \dots\dots\dots(2.18)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$Y_t = -\ln(-\ln(\frac{T-1}{T})) \dots\dots\dots(2.20)$$

dengan :

$X_T$  = Hujan rencana atau debit dengan kala ulang T

X = Nilai rata-rata dari data hujan (X)

S = Standar deviasi dari data hujan (X)

K = Faktor frekuensi gumbel

$Y_t$  = *Reduced variate*, nilai  $Y_t$  bisa ditentukan berdasarkan (Tabel 2.7)

$S_n$  = *Reduced standar deviasi*, bisa ditentukan berdasarkan (Tabel 2.8)

$Y_n$  = *Reduced mean*, bisa ditentukan berdasarkan (Tabel 2.9)

Tabel 2.7 Reduced Variate (Yt)

Periode ulang Tr (Tahun)	Reduced Variate (Yt)	Periode ulang Tr (Tahun)	Reduced Variate (Yt)
2	0,3668	100	4,6001
5	1,4999	200	5,2960
10	2,2502	500	6,2140
20	2,9606	1000	6,9190
25	3,1985	5000	8,5390
50	3,9019	10000	9,9210

Tabel 2.8 Reduced Mean (Yn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5448	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5597	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5606	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Tabel 2.9 Reduced Standart Deviation (Sn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	1,0095	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0864	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1112	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

### 2.3.4 Analisa Uji Kesesuaian Distribusi

Analisa kesesuaian distribusi hujan terdapat 2 jenis metode yang digunakan menurut Lestari (2016), yaitu :

#### A. Uji Chi-Kuadrat

Menurut soewarno (1995) Uji Chi-Kuadrat merupakan ukuran perbedaan yang didapat antara frekuensi yang diamati dengan yang diharapkan dengan tujuan untuk menguji simpangan tegak lurus yang dihitung dengan rumus Shahin.

$$X_{hit}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(EF-OF)^2}{EF} \dots\dots\dots(2.21)$$

dengan :

$X_{hit}^2$  = Parameter Chi-kuadrat

$G$  = Jumlah sub-kelompok

$OF$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

$EF$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i.

Apabila setelah uji Chi-Kuadrat jenis telah memenuhi syarat distribusi maka dapat dilanjutkan dengan menghitung curah hujan rancangan. Menurut Soewarno (1995) Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Kuadrat dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Kuadrat

DK	$\alpha$ Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,343	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,52	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,337	48,278	50,993

B. Uji Smirnov-Kolmogorov

Menurut Upomo & Kusumawardani (2016), pengujian *Smirnov Kolmogorov* dilakukan untuk menguji simpangan secara mendatar. Pengujian menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta_{maks} = |P_E(X) - Pt(X)| \dots\dots\dots (2.22)$$

dengan :

$\Delta_{maks}$  = Selisih data probabilitas teoritis dan empiris

$P_E(X)$  = Posisi data x menurut sebaran teoritis

$P_t(X)$  = Posisi data x menurut sebaran empiris

Nilai kritis  $D_0$  untuk uji Smirnov-Kolmogorov pada tabel 2.11 di bawah ini digunakan untuk menilai kesesuaian distribusi sampel dengan distribusi teoritis. Jika nilai  $D$  yang dihitung lebih besar dari  $D_0$ , hipotesis nol ditolak, menunjukkan perbedaan signifikan. Sebaliknya, jika  $D$  lebih kecil atau sama dengan  $D_0$ , hipotesis nol diterima, menandakan kesesuaian distribusi.

Tabel 2.11 Nilai Kritis  $D_0$  Untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ )			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{N}}$

### 2.3.5 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah estimasi debit maksimum yang mungkin terjadi di suatu wilayah pada tingkat kemungkinan kejadian tertentu. Perkiraan debit ini dilakukan menggunakan metode hidrograf satuan, yang didasarkan pada parameter serta karakteristik daerah aliran sungai (DAS) terkait. Perhitungan debit banjir dilakukan dengan mempertimbangkan data curah hujan dan karakteristik DAS, menggunakan rumus berikut (Suyono, 2001) :

$$Q_{ah} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.23)$$

dengan :

$Q_{ah}$  = Debit banjir maksimum akibat air hujan ( $m^3/detik$ )

$I$  = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi ( $mm/jam$ )

$A$  = Luas daerah pengaliran ( $km^2$ )

$C$  = Koefisien pengaliran

### A. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan rasio antara volume air hujan yang menjadi aliran permukaan (*runoff*) di suatu wilayah dengan total curah hujan yang diterima wilayah tersebut. Nilai koefisien ini dipengaruhi oleh beberapa faktor utama seperti kemampuan tanah dalam menyerap air (laju infiltrasi) atau persentase lahan yang tidak dapat menyerap air, kemiringan medan, jenis vegetasi penutup tanah, serta intensitas hujan. Menurut I. Subarkah (1980) dalam Kustamar (2019), karakteristik dan kondisi tanah juga turut menentukan besar kecilnya koefisien limpasan dapat dilihat pada tabel 2.12 nilai koefisien pengaliran (C) dan perhitungan untuk menentukan harga koefisien pengaliran dapat digunakan rumus berikut :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.24)$$

dengan :

$C$  = Koefisien pengaliran rata-rata

$C_i$  = koefisien pengaliran masing -masing tata guna lahan

$A_i$  = Luas masing-masing tata guna lahan

$n$  = banyaknya jenis penggunaan tanah dalam suatu pengaliran

Tabel 2.12 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
1.	Perumputan	
	• Tanah pasir, slope 2%	0,05 - 0,10
	• Tanah pasir, slope 2%	0,10 - 0,15
	• Tanah pasir, slope 7 %	0,15 - 0,32
	• Tanah gemuk, slope 2%	0,13 - 0,17
	• Tanah gemuk, slope 2-7%	0,17 - 0,22
2.	Perkantoran	
	• Pusat kota	0,75 - 0,95
	• Daerah pinggir	0,50 - 0,70
3.	Perumahan	
	• Kepadatan 20 rumah/ha	0,50 - 0,60
	• Kepadatan 20 - 60 rumah/ha	0,60 - 0,80
	• Kepadatan 60 - 160 rumah/ha	0,70 - 0,90

Tabel 2.12 Nilai Koefisien Pengaliran (Lanjutan)

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
4.	Perindustrian	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industri ringan</li> <li>• Industri berat</li> </ul>	0,50 - 0,60 0,60 - 0,90
5.	Pertanian	0,40 - 0,55
6.	Perkebunan	0,20 - 0,30
7.	Pertamanan, TPA	0,10 - 0,25
8.	Tempat bermain	0,20 - 0,35
9.	Jalan	
	• Beraspal	0,70 - 0,95
	• Beton	0,80 - 0,95
	• Batu	0,70 - 0,85
10.	Daerah yang dikerjakan	0,10 - 0,30

### B. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang dibutuhkan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh di daerah tangkapan air (*catchment area*) hingga mencapai outlet atau titik pengukuran aliran. Untuk menghitung waktu konsentrasi dapat dilihat pada rumus berikut :

$$T_c = \frac{0,0195}{60} \times \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0,77} \dots\dots\dots (2.25)$$

dengan :

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$L$  = Panjang saluran (m)

$S$  = Kemiringan saluran

Rumus ini menunjukkan bahwa waktu konsentrasi yang dipengaruhi oleh panjang saluran dan kemiringan saluran, dengan faktor konversi yang ditentukan. Semakin panjang saluran atau semakin curam kemiringannya, maka waktu yang dibutuhkan untuk air mencapai titik tinjauan akan berbeda.

### C. Intensitas Hujan

Untuk menentukan debit banjir yang direncanakan, diperlukan informasi mengenai intensitas curah hujan. Intensitas hujan merujuk pada tinggi atau kedalaman air hujan dalam satuan waktu tertentu. Intensitas hujan untuk waktu

tertentu dapat dihitung menggunakan rumus Mononobe. Menurut Suripin (2004), metode ini diterapkan ketika data curah hujan yang tersedia adalah data harian. Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{R}{24} \left( \frac{24}{tc} \right)^{0,667} \dots\dots\dots (2.26)$$

dengan :

- $I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- $R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam 24 (mm)
- $T_c$  = Durasi hujan/waktu konsentrasi (jam)

**2.3.6 Debit Domestik**

Debit domestik merupakan debit air limbah yang berasal dari aktivitas rumah tangga sehari – hari. Untuk menentukan debit ini, dibutuhkan data terkait rata-rata konsumsi air bersih dan jumlah penduduk di area yang dianalisis. Perkiraan volume air limbah sangat dipengaruhi oleh tingkat penggunaan air bersih. Namun, jika debit domestik sangat kecil, Dampaknya dianggap tidak signifikan dan biasanya diabaikan dalam perhitungan. Di lokasi studi, limbah dari rumah tangga dan pertokoan tidak dimasukkan dalam analisis karena selama musim kemarau, saluran drainase hampir tidak mengalirkan air, atau hanya terdapat aliran dalam jumlah yang sangat sedikit. Oleh karena itu, perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$Q_d = P_n \cdot A \cdot y \dots\dots\dots (2.27)$$

dengan :

- $Q_d$  = Debit air kotor (m<sup>3</sup>/detik)
- $P_n$  = Jumlah pertumbuhan penduduk (jiwa)
- $A$  = Luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)
- $Y$  = Besarnya kapasitas air yang akan terbuang (m<sup>3</sup>/detik/orang)

**2.3.7 Debit Total**

Debit total yang digunakan untuk merencanakan suatu saluran yang berasal dari aliran limpasan air hujan dan air buangan rumah tangga kemudian dijumlahkan

untuk mendapatkan debit rencana saluran . Selanjutnya besarnya debit air total dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_r = Q_{ah} + Q_{ak} \dots\dots\dots(2.28)$$

dengan :

$Q_r$  = Debit total atau debit banjir rencana ( $m^3/detik$ )

$Q_{ah}$  = Debit banjir akibat air hujan ( $m^3/detik$ )

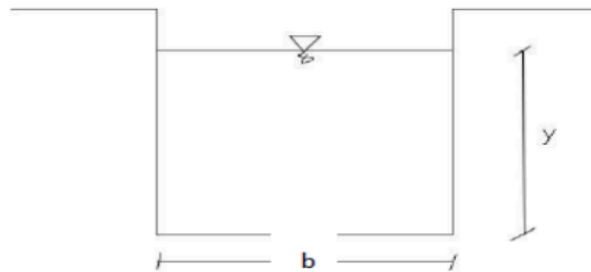
$Q_{ak}$  = Debit air kotor ( $m^3/detik$ )

## 2.4 Perencanaan Saluran

### 2.4.1 Bentuk Penampang Saluran Drainase

Penampang drainase merujuk pada bentuk dan ukuran saluran drainase yang terlihat jika dilihat dari samping. Penampang ini sangat penting dalam perancangan sistem drainase, karena mempengaruhi kapasitas aliran, kecepatan aliran, dan efisiensi pengelolaan air. Menurut Krisnayanti (2017) ada beberapa bentuk penampang drainase yang umum digunakan:

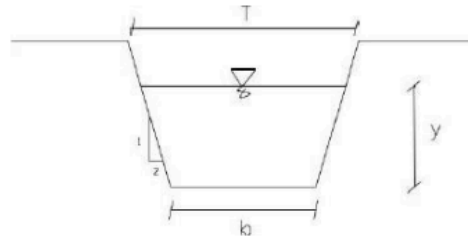
#### A. Persegi Panjang



Gambar 2. 10 Saluran Persegi Panjang

#### B. Trapesium

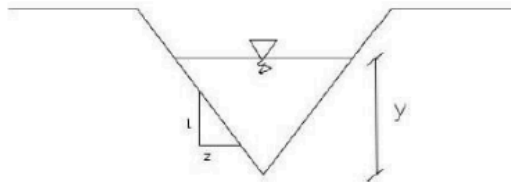
Penampang ini sering digunakan dalam desain saluran drainase, terutama untuk saluran terbuka, karena memiliki beberapa keunggulan dalam hal pengaliran air dan pengelolaan sedimentasi.



Gambar 2. 11 Saluran Trapesium

C. Segitiga

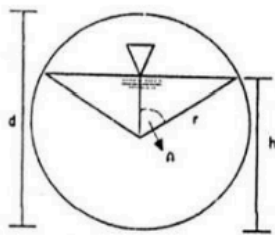
Umumnya digunakan pada daerah permukiman sebagai saluran tersier. Keuntungannya dapat mengalirkan air pada debit kecil. Kerugiannya sulit dalam pemeliharaan.



Gambar 2. 12 Saluran Segitiga

D. Lingkaran

Bentuk penampang ini berbentuk lingkaran atau setengah lingkaran, sering digunakan untuk pipa drainase.



Gambar 2. 13 Saluran Lingkaran

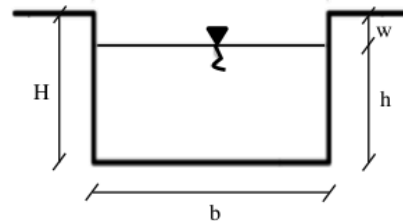
**2.4.2 Analisa Dimensi Saluran**

Bentuk penampang saluran drainase umumnya mirip dengan saluran irigasi. Dalam perancangan dimensi saluran, penting untuk memastikan bahwa dimensi yang dihasilkan bersifat ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar akan dianggap kurang ekonomis, sementara dimensi yang terlalu kecil dapat

menyebabkan masalah akibat daya tampung yang tidak mencukupi. Menurut Lourin (2019) ada beberapa bentuk saluran yang dapat digunakan antara lain :

- **Dimensi Saluran Persegi Panjang**

Berguna untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil.



Gambar 2. 14 Dimensi Saluran Persegi Panjang

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.29)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$A = b \times h \dots\dots\dots(2.31)$$

$$P = b + 2h \dots\dots\dots(2.32)$$

$$w = 20\% \times H \dots\dots\dots(2.33)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$S = \frac{\Delta h}{L} \dots\dots\dots(2.35)$$

dengan :

$A$  = Luas penampang basah ( $m^2$ )

$P$  = Keliling basah saluran (m)

$R$  = Jari-jari hidrolis (m)

$Q$  = Debit aliran ( $m^3$ /detik)

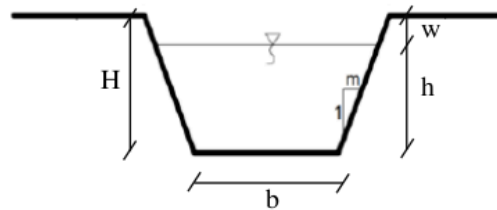
$b$  = Lebar dasar saluran (m)

$w$  = Tinggi jagaan (m)

- $h$  = Kedalaman air di saluran (m)
- $H$  = Tinggi saluran air (m)
- $V$  = Kecepatan aliran (m/detik)
- $S$  = Kemiringan dasar saluran
- $\Delta h$  = Beda tinggi awal saluran dengan ujung saluran
- $L$  = Panjang saluran (m)
- $n$  = Koefisien kekasaran manning

• **Dimensi saluran Trapezium**

Berguna untuk menampung dan mengalirkan limpasan air hujan dengan debit besar. Alirannya bersifat terus-menerus dengan fluktuasi yang rendah. Jenis saluran ini cocok diterapkan di daerah yang masih memiliki lahan yang cukup luas.



Gambar 2. 15 Dimensi Saluran Trapezium

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.36)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$A = (b + m \times h) \times h \dots\dots\dots(2.38)$$

$$P = b + 2h\sqrt{1^2 + m^2} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$w = 20\% \times H \dots\dots\dots(2.40)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$S = \frac{\Delta h}{L} \dots\dots\dots(2.42)$$

dengan :

$A$  = Luas penampang basah ( $m^2$ )

$P$  = Keliling basah saluran (m)

$R$  = Jari-jari hidrolis (m)

$b$  = Lebar dasar saluran (m)

$Q$  = Debit aliran ( $m^3/detik$ )

$h$  = Kedalaman air di saluran (m)

$H$  = Tinggi saluran air (m)

$w$  = Tinggi jagaan (m)

$V$  = Kecepatan aliran (m/detik)

$m$  = Perbandingan kemiringan talud (m)

$S$  = Kemiringan dasar saluran

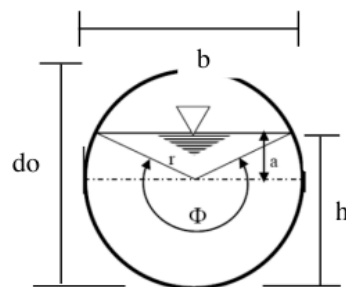
$n$  = Koefisien kekasaran manning

$\Delta h$  = Beda tinggi awal saluran dengan ujung saluran

$L$  = Panjang saluran (m)

#### • Dimensi Saluran Lingkaran

Saluran berbentuk lingkaran dirancang untuk mengalirkan air hujan dengan aliran yang tidak terlalu besar. Tipe saluran ini umumnya digunakan dalam sistem drainase rumah tangga dan di sepanjang jalan di area perumahan yang padat.



Gambar 2. 16 Dimensi Saluran Lingkaran

Dalam merancang gorong-gorong, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Gorong-gorong harus memiliki ukuran yang memadai untuk menampung debit air maksimum dari area pengaliran dengan cara yang efisien.

2. Kemiringan dasar gorong-gorong harus lebih besar dibandingkan dengan saluran pembuangannya.
3. Kondisi aliran di dalam gorong-gorong.

Rumus untuk menghitung gorong-gorong :

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.43)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.44)$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot (t) = \sin\phi \cdot do^2 \dots\dots\dots(2.45)$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot do \dots\dots\dots(2.46)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.47)$$

dengan :

$A$  = Luas penampang basah ( $m^2$ )

$P$  = Keliling basah (m)

$V$  = Kecepatan aliran (m/detik)

$R$  = Jari-jari hidrolis (m)

$Q$  = Debit saluran ( $m^3$ /detik)

$do$  = Diameter saluran (m)

$S$  = Kemiringan dasar saluran (m)

$h$  = Tinggi air yang direncanakan (m)

$n$  = Koefisien kekasaran manning

Untuk koefisien manning merupakan angka empiris yang menunjukkan tingkat kekerasan suatu saluran atau permukaan aliran, berdasarkan tabel 2.13 menurut I. Subarkah (1980) dalam Kustamar (2019) merupakan nilai koefisien manning yang digunakan untuk menghitung kecepatan dan debit aliran air pada saluran terbuka. Menurut Ir. Iman Subarkah (1980).

Tabel 2.13 Nilai Koefisien Manning

<b>Tipe saluran dan jenis bahan</b>	<b>Nilai n</b>
<b>Beton</b>	
Gorong- gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010 - 0,013
Gorong- gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011 - 0,014
Beton dipoles	0,011 – 0,014
Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013 – 0,017
<b>Tanah, lurus, dan seragam</b>	
Bersih baru	0,016 – 0,020
Bersih telah melapuk	0,018 – 0,025
Berkerikil	0,022 – 0,030
Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022 – 0,033
<b>Saluran alam</b>	
Bersih lurus	0,025 – 0,033
Bersih berkelok kelok	0,033 – 0,045
Banyak tanaman pengganggu	0,050 – 0,08

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Metode Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan observasi lapangan di kawasan studi dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi saluran drainase eksisting. Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui dan membuat analisa kapasitas saluran, serta untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan atau kendala yang berpotensi menghambat efektivitas sistem drainase dalam menangani genangan maupun banjir. Tahap ini juga dimaksudkan untuk mempermudah jalannya penelitian untuk memenuhi kebutuhan data dan analisis data.

### **3.2 Inventarisasi Data**

Tahap ini merupakan tahap dimana penyusun mengumpulkan dan menyiapkan data serta kebutuhan lain yang diperlukan untuk menyusun laporan dan kebutuhan dalam perhitungan. Data yang kumpulkan mencakup informasi pendukung yang akan digunakan dalam analisis dan evaluasi saluran drainase, baik berupa data primer maupun data sekunder. Pengumpulan data yang dibutuhkan dibagi 2, yaitu:

1. Pengumpulan Studi Pustaka

Pengumpulan studi pustaka merupakan tahap dimana penyusun mencari dan menghimpun referensi yang relevan, seperti buku, jurnal, dan tugas akhir terdahulu, untuk dijadikan acuan dalam penyusunan laporan ini.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap dimana penyusun mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penyusunan laporan serta perhitungan. Adapun data yang digunakan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

- a. Data Eksisting Saluran Drainase

Data eksisting yang dibutuhkan seperti, jenis saluran drainase dan dimensi saluran drainase (panjang, lebar, kedalaman, dan elevasi) sebagai data primer diperoleh langsung dari lokasi penelitian menggunakan alat ukur meteran.