

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari adanya tinjauan pustaka yang dapat memudahkan penulis dalam penambahan wawasan, menjelaskan, dan menganalisis isu yang dibahas. Dalam konteks ini, tinjauan pustaka yang menjadi dasar penulisan terdiri dari teori peneliti terdahulu atau yang terkait dengan masalah pengelolaan air banjir di perumahan Pamulang Park Residence.

#### **2.1 Dasar Teori**

Data yang valid dan kredibel menjadi penting dalam penyusunan sebuah laporan guna memperkuat analisis dan pengolahan informasi sebuah.

##### **2.1.1 Pengertian Banjir**

Terendamnya suatu wilayah akibat peningkatan volume air umumnya dikenal sebagai peristiwa banjir (BNPB, 2007). Definisi lain mengatakan bahwasanya banjir merupakan tergenangnya lahan kering, seperti di permukiman maupun pusat kota. Banjir merupakan bencana alam yang cukup dahsyat yang mempengaruhi kerugian ekonomi dan rusaknya sarana prasarana serta menjadi wabah penyakit terutama di kota-kota besar di dunia. Banjir umumnya terjadi karena adanya kapasitas yang berlebih terkait pengaliran volume atau debit air dari saluran drainase ataupun sungai (BNPB, 2016).

##### **2.1.2 Indikator banjir**

Ada beberapa indikator yang bias menyebabkan banjir diantaranya:

- a. Curah hujan yang tinggi muka air sungai atau danau yang melampaui level normal.
- b. Kondisi tanah yang jenuh karena hujan berturut-turut.
- c. Kebocoran atau kerusakan pada sistem drainase.
- d. Topografi daerah yang rentan terhadap genangan air.
- e. Perubahan tata guna lahan yang mengurangi daya serap air. dalam waktu singkat.

##### **2.1.3 Jenis Jenis Banjir**

Banjir memang bermacam-macam jenisnya. Kemenkes RI membedakan banjir menjadi beberapa jenis, sebagai berikut.

1. Banjir Badang

Banjir besar yang berbahaya karena rusaknya hutan disebut sebagai banjir bandang. Banjir ini mempunyai kemampuan membawa apa saja dan menimbulkan kerusakan yang serius.

#### 2. Banjir Pasang Air Laut (ROB)

Permukaan air laut yang naik dapat disebut sebagai banjir ROB. Daerah pesisir pantai sering mengalami banjir ROB. Banjir ROB dapat terjadi karena faktor manusia maupun alamiah.

#### 3. Banjir Air

Banjir yang paling umum terjadi, yaitu banjir air. Banjir terjadi ketika air dari danau, saluran drainase, atau sungai meluap karena kapasitas penampungan air yang tidak mencukupi akibat tingginya intensitas air.

#### 4. Banjir Cileunang

Banjir ini mirip dengan dengan banjir air. Namun terdapat sedikit perbedaan yang signifikan, yakni apabila hujan deras terjadinya ketidakmampuan dalam menampung air.

#### 5. Banjir Lumpur

Banjir lumpur terjadi ketika air yang bercampur dengan lumpur dari bawah tanah menyebar ke permukaan bumi. Banjir ini sangat berbahaya karena mengandung bahan kimia beracun dan gas yang dapat membahayakan makhluk hidup.

### 2.1.4 Faktor Penyebab Banjir

Umumnya, faktor alam dan manusia menjadi penyebab banjir.

#### 1. Faktor Alami

Banjir yang terjadi secara alami disebabkan oleh berbagai faktor, seperti erosi, curah hujan, fisiografi, kapasitas sungai, drainase, pasang surut air, dan sedimentasi yang nantinya berujung pada berkurangnya kapasitas penampung sungai.

#### 2. Faktor Manusia

Banjir tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas alam, namun banjir juga dapat dipengaruhi oleh kegiatan manusia. Tidak sedikit kegiatan manusia yang menyebabkan banjir, seperti buruknya sistem drainase, pembalakan hutan secara liar, sampah bertebaran dan menumpuk dimana-mana, kondisi DAS yang mengalami perubahan, bendungan

jebol, pembangunan sistem pertanian yang bobrok, dan ketidakmampuan dalam merencanakan sistem pengendali banjir.

### **2.1.5 Pengendalian Banjir**

Tindakan preventif pada peristiwa banjir merupakan strategi yang dirancang guna meminimalisir risiko yang nantinya dapat merusak properti, infrastruktur, dan nyawa manusia, sehingga diperlukan kalkulasi yang matang. Membuat atau mencari sistem yang paling optimal guna mengatasi banjir menjadi prioritas utama yang perlu disoroti. Jika kita memakai sudut pandang dari lokasi atau wilayah pengendaliannya, maka pengendalian dapat dilakukan di hulu dan di hilir.

Pada bagian hulu, hal-hal yang dapat dilakukan, yaitu pertama membangun bendungan pengendali banjir, harapannya datangnya banjir dapat diperlambat dan debit banjir dapat dikurangi. Kedua, melakukan penghijauan di kawasan aliran sungai dan membuat waduk di atas tanah untuk memodelkan hidrologi banjir. Sedangkan pada bagian hilir, pengendalian dapat dilakukan dengan cara membuat standarisasi terkait tanggul ataupun saluran sungai, membuat kolam penahan pada daerah banjir, dan membuat saluran air banjir.

Pengendalian banjir tersebut akan mengalami tantangan apabila turun hujan lebat yang memiliki probabilitas dalam menghasilkan volume limpasan air yang besar. Bangunan pengendali banjir yang tidak mumpuni maka dapat menjadi boomerang bagi masyarakat sekitar, karena bencana yang ditimbulkan akan lebih besar (Musa & Ashad, 2019).

### **2.1.6 Hidrologi**

Ilmu yang membicarakan karakteristik terkait ruang dan waktu mengenai air yang didalamnya terdapat berbagai proses, seperti proses pergerakan, hidrolog, penyebaran, eksplorasi, sirkulasi tampungan, dan pengembangan serta manajemen disebut dengan hidrologi (Singh, 1992). Secara sederhana Sri Harto (1990) mendefinisikan hidrologi sebagai ilmu terkait permasalahan air. Definisi lainnya menyebutkan bahwa hidrologi merupakan ilmu dengan ruang lingkup perputaran air di bumi terkait, pergerakan air, distribusi, sifat kimia ataupun fisik air, serta

korelasinya pada lingkungan terutama pada air dibawah, diatas, atau didekat permukaan tanah.

Unsur-unsur utama hidrologi dapat disajikan dalam bentuk perputaran hidrologi, antara lain, evaporasi, presipitasi, transpirasi, aliran mesofil, infiltrasi, perkolasi, aliran air tanah, dan limpasan permukaan. Pada teknik sipil, hidrologi berperan untuk meramalkan luas banjir yang diakibatkan oleh hujan lebat sehingga dapat dibuat rencana pengendalian banjir pada bangunan. Namun, untuk mengetahui hal tersebut, analisis mendalam terkait hidroogi perlu dilakukan.

### **2.1.7 Analisis Hidrologi**

Analisis yang dilakukan di awal guna melihat karakteristik hidrologi suatu daerah pada proses merencanakan bangunan air. Selain itu, banyaknya debit banjir dapat ditentukan dengan analisis ini, namun dibutuhkannya data-data endukung berupadata curah hujan di stasiun hujan terdekat. Berikut beberapa langkah yang harus dilakukan dalam analisis hidrologi:

1. Menentukan daerah aliran drainasi *internal*;
2. Memilih stasiun hujan;
3. Menetapkan rata-rata curah hujan maksimum dalam harian berdasarkan surah hujan;
4. Menganalisis perkiraan curah hujan;
5. Melakukan intensitas durasi frekuensi;
6. Menentukan penentuan curah hujan reperiodik;
7. Menentukan debit air banjir.

### **2.1.8 Pengertian Drainase**

Secara istilah, drainase berarti membuang, menguras, mengalirkan, mengeringkan, dan mengalihkan air. Pada rumpun ilmu teknik sipil, drainase merupakan aktivitas teknis guna meminimalisir air yang berlebih, umumnya air tersebut berasal dari rembesan, air hujan, maupun irigasi dari suatu wilayah. Berangkat dari definisi tersebut, sistem drainase akhirnya memiliki arti sebagai suatu konstruksi air yang dapat berfungsi guna meminimalisir dan melimpahkan sisa air di suatu wilayah, sehingga lahan mampu menjalankan fungsinya secara maksimal. (Suripin, 2004). Definisi lain dari Robert J Kodoatie (2005).juga

menjelaskan bahwa sistem drainase merupakan kaidah-kaidah dalam mengalirkan air dengan membuat saluran yang dapat memuat air dan selanjutnya akan dialirkan ke sistem yang lebih besar.

### **2.1.9 Fungsi Drainase**

Drainase berfungsi untuk mengalihkan kelebihan air, sehingga tidak merugikan masyarakat sekitar (Hadihardjaja, 1997). Di dalam kota, drainase memiliki banyak fungsi, seperti.

1. Genangan air dapat dialirkan atau dihilangkan dari permukaan jalan.
2. Air dari luar wilayah tidak dapat masuk ke dalam wilayah.
3. Jalan dan lingkungan sekitar terhindar dari kerusakan akibat air.

Wesli (2008) dalam Arif (2015) menyatakan bahwasanya dengan adanya sistem drainase, maka air dapat dialirkan melalui saluran kolektor, interseptor, dan konveyor. Fungsi dari ketiga saluran tersebut, yaitu.

1. Saluran Interseptor – memiliki fungsi untuk mencegah pembebanan aliran. Umumnya, saluran ini dipasang sederet dengan garis ketinggian permukaan tanah. Keluaran dari saluran ini umumnya berada di saluran konveyor atau kolektor atau bisa juga pada saluran alami sungai
2. Saluran Kolektor – memiliki fungsi mengumpulkan air dari saluran drainase yang memiliki ukuran dibawahnya, misal saluran interseptor. Umumnya saluran ini dipasang di area terdalam dari suatu wilayah. Keluaran saluran ini berada pada saluran konveyor atau saluran alami sungai.
3. Saluran Konveyor – memiliki fungsi membawa semua air yang dilimpahkan oleh saluran lainnya ke tempat pembuangan. Umumnya, saluran ini dibangun seperti saluran kolektor atau interseptor

### **2.1.10 Jenis Drainase**

Ada beberapa jenis drainase yang di bedakan sebagai berikut (Hasmar, 2004 dalam, Niko, 2016).

Berdasarkan sejarah :

1. Drainase alami (Natural drainage) -- Alam membentuk drainasenya sendiri yang terbentuk karena adanya kikisan gerakan air akibat gravitasi.
2. Drainase buatan (Artificial drainage) -- Memerlukan konstruksi khusus seperti, batu, selokan dan lainnya guna mencapai tujuan tertentu.

Berdasarkan lokasi bangunan :

1. Drainase pemukiman tanah (*surface drainage*) -- Terdapat diatas tanah guna menyalurkan air permukaan.
2. Drainase yang ada di bawah tanah (*Sub surface drainage*) -- Melalui pipa-pipa guna menyalurkan air.

Menurut konstruksi :

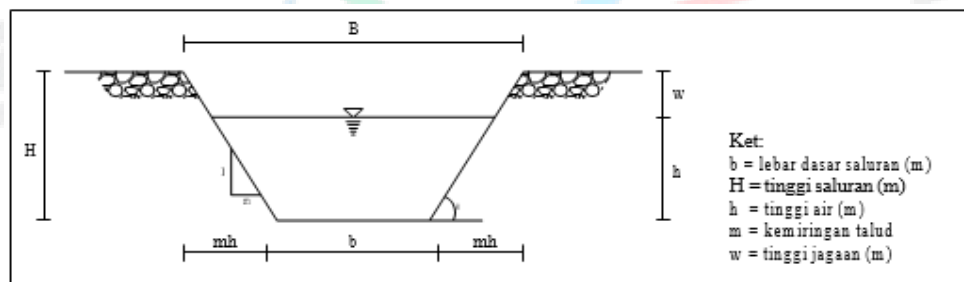
1. Saluran terbuka -- Memiliki desain dengan bagian atas terbuka. Tepat digunakan pada drainase hujan yang tidak sempit atau drainase non-hujan yang tidak berbahaya bagi makhluk hidup.
2. Saluran tertutup – Memiliki desain tertutup dan umumnya dipakai pada wilayah yang memiliki aliran kotor atau berada di tengah-tengah kota.

### 2.1.11 Bentuk Saluran Drainase

Suripin (2004) menyatakan bahwa terdapat saluran ekonomis, yaitu saluran dengan desain melebihi debit maksimal guna lusa penampang basah, kemiringan dasar, dan kekasaran

#### a. Saluran trapezium

Bentuk ini sangat sering digunakan karena kemiringannya fleksibel. Setidaknya diperlukan ruangan yang cukup guna mengalir air limbah, air hujan, ataupun irigasi.

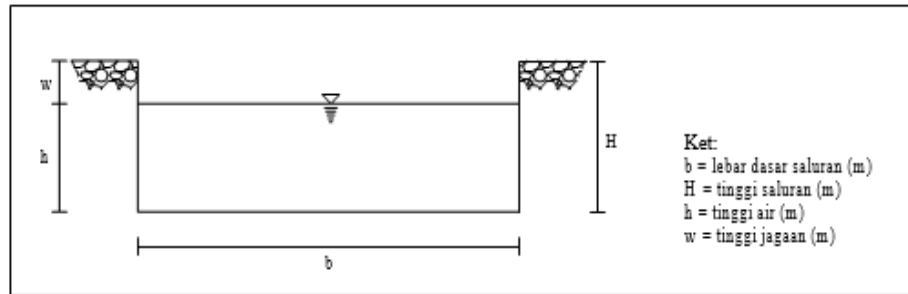


Gambar 2. 1 Saluran Bentuk Trapezium

#### b. Saluran segi empat

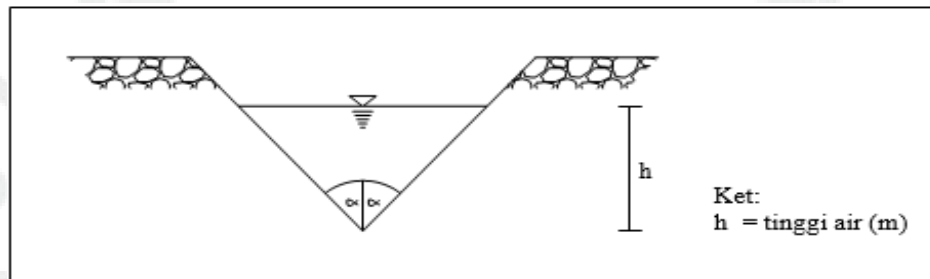
Tidak diperlukan ruangan yang banyak pada jenis saluran ini, namun material yang digunakan harus beton. Saluran ini umumnya berfungsi

mengaliri air hujan. pasangan beton.



Gambar 2. 2 Saluran Bentuk Segi Empat

- a. Saluran segitiga  
Saluran dengan poeruntukan pengujian laboratorium.

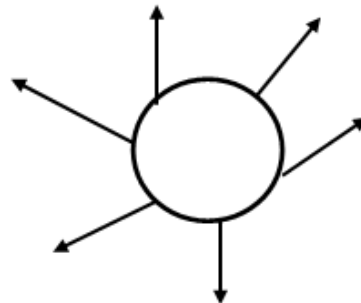


Gambar 2. 3 Saluran Bentuk Segi Tiga

### 2.1.12 Pola Jaringan Drainase

Terdapat bermacam jenis pola drainase yang dapat dipilih sesuai keperluan (Hasmar, 2004, dalam Prima 2015).

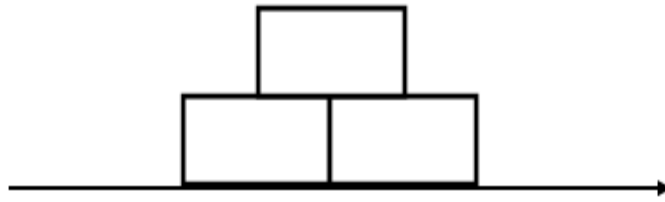
- Radial  
Pola ini umum dipakai di kawasan perbukitan, karena dapat memecah air ke segala penjuru.



Gambar 2. 4 Pola Drainase Radial

- Jaring-jaring  
Pola ini memiliki pembuangan sesuai dengan arah jalan raya dan umumnya

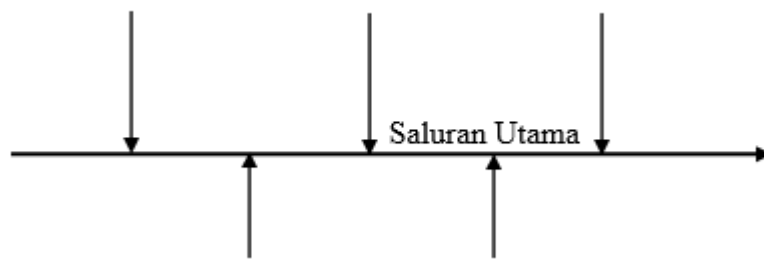
dipakai di wilayah permukaan yang rata.



Gambar 2. 5 Pola Drainase Jaring-Jaring

- Siku

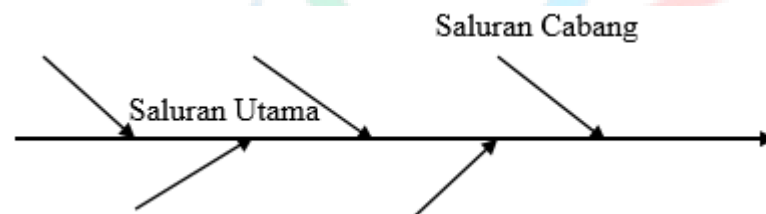
Pola yang cocok untuk permukaan lebih tinggi daripada sungai.



Gambar 2. 6 Pola Jaringan Drainase Siku

- Alamiah

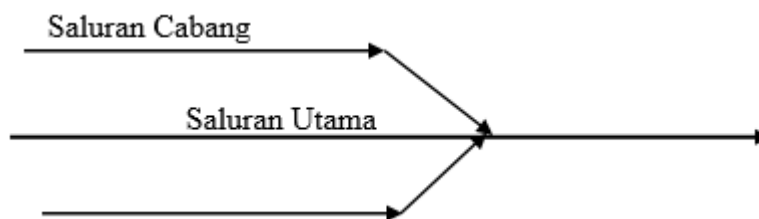
Pola ini memiliki beban yang lebih besar, selebihnya memiliki kemiripan dengan pola siku.



Gambar 2. 7 Pola Jaringan Drainase Alamiah

- Pararel

Pola ini sejajar dengan saluran cabang yang pendek dan banyak. Saluran ini fleksibel jika terjadi ekspansi kota.

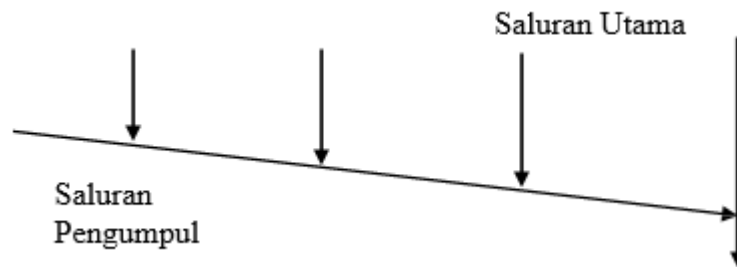


Gambar 2. 8 Pola Drainase Paralel

- Grid iron



Apabila dipinggir kota terdapat sungai, maka pola ini tepat karena dapat mengumpulkan air dari saluran cabang



Gambar 2. 9 Pola Jaringan Drainase Grid Iron

### 2.1.13 Storm Water Model Management (SWMM)

Storm Water Model Management (SWMM) merupakan software dengan kemampuan menganalisa permasalahan kuantitas dan kualitas limpasan kawasan kota. SWMM masuk ke dalam model hujan aliran dinamis guna memodelkan dengan panjangnya waktu atau banjir sesaat. Pada pemodelan hidrologi kawasan perkotaan, software ini sering digunakan (Sari et al., 2021).

### 2.1.14 Permodelan dengan SWMM

Langkah yang dilakukan yaitu permodelan drainase pada software EPA SWMM. Sistem drainase disimulasikan menjadi beberapa *subcatchment area*. Kemudian, data yang telah diperoleh dari observasi di lapangan diinput ke simulasi tersebut. Objek pemodelan EPA SWMM 5.2, yaitu.

#### 1) Rain Gauge

Curah hujan dapat diwakili oleh objek ini. Sementara data hujan olahan menjadi data yang digunakan pada objek ini. Format pemodelan antara lain:

- a. Jumlah Curah hujan
- b. Asal data hujan
- c. Intensitas curah hujan
- d. Daya tampung curah hujan
- e. Jenis data hujan
- f. Asal data hujan
- g. Jeda pencatatan curah hujan

#### 2) Subcatchment

Bagian hidrologi permukaan tanah dengan elemen sistem drainase *internal* dan permukaan tanah yang menyalurkan limpasan permukaan ke satu titik disebut sebagai *subattachment*.

#### 3) Junction

Pertemuan aliran dari berbagai saluran, parit, dan saluran lainnya disebut sebagai *junction*. Kelebihan air pada pertemuan ini menyebabkan banjir. Beberapa tolak ukur yang diperlukan yaitu :

- a. Tinggi permukaan tanah
  - b. Elevasi dasar
  - c. Kolam tampungan saat banjir (*optional*)
  - d. debit air luar (*optional*)
- 4) *Outfall*  
Merupakan akhir dari sejumlah sistem drainase. Titik yang melambangkan mulut *flow divider*, yaitu titik-titik yang menggolongkan beberapa aliran dalam satu aliran ke saluran lainnya. Biasanya, satu *divider* hanya dipecah menjadi 2 aliran.
- 5) *Conduit*  
*Conduit* merupakan pipa yang menghubungkan air dari satu titik ke titik lainnya. Penampang saluran *conduit* mempunyai 3 jenis saluran, yaitu saluran tertutup, saluran terbuka, dan saluran alami atau tidak beraturan.
- 6) *Storage Unit*  
Titik penyedia penyimpanan air disebut sebagai *Storage* yang memiliki volume tertentu. Unit penyimpanan ini merepresentasikan suatu bak penyimpanan air dengan volume tertentu yang berfungsi sebagai reservoir air sementara.
- 7) *Pump*  
*Pump* dipakai jika ingin menaikkan ketinggian atau menaikkan air.

### 2.1.15 Hujan

Hujan merupakan definisi untuk uap air yang mengembun lalu masuk ke tanah melalui serangkaian proses dalam siklus hidrologi (Suyono, 1987). Hujan adalah bagian terpenting hidrologi, pada sistem ini perubahan curah hujan dapat dilakukan menjadi berbagai bentuk dan jenis informasi, seperti aliran sungai dan limpasan permukaan. Intensitas curah hujan pada suatu wilayah dapat direpresentasikan dengan menghitungnya menggunakan beberapa cara, yaitu.

- Rata-rata aljabar

Rumus :

$$R = \frac{R_1+R_2+\dots+R_n}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- R = rata-rata maksimum curah hujan harian (mm)
- n = Total stasiun yang diamati
- R1, R2,...Rn = Curah hujan pada stasiun pengamatan (mm)

- Poligon Thiessen

Rumus :

$$R = \frac{R_1. A_1 + R_2. A_2 + \dots R_n. A_n}{A_1 + A_2 \dots A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- R = rata-rata maksimum curah hujan harian (mm)
- R1, R2,...Rn = curah hujan di tiap titik pengamatan satasiun hujan (mm)
- A1, A2,...An = besar daerah yang menggambarkan tiap titik pengamatan (km<sup>2</sup>)

- Isohyet

Rumus :

$$R = \frac{\frac{R_1+R_2}{2} A_1 + \frac{R_2+R_3}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n+R_{n+1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- R = rata-rata maksimum curah hujan harian (mm)
- R1, R2,...,Rn = Curah hujan stasiun 1,2,...n (mm)
- A1, A2,...An = Luas daerah polygon 1,2,...n (Km<sup>2</sup>)

**2.1.16 Intensitas Hujan**

Nilai air hujan yang dilihat dari kedalamannya dan dihitung per satuan waktu. Ciri-ciri general hujan adalah makin cepat waktu hujan, maka periode ulang akan makin lama dan tinggi. Jika data curah hujan singkat tidak ada, maka dapat dihitung dengan mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{tc} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

- I = Intensitas hujan (mm / jam)

- R = Curah hujan harian maksimum (mm)  
 tc = periode hujan (jam)

### 2.1.17 Analisis frekuensi

Curah hujan terencana atau dengan kata lain hujan terjadwal merupakan kemungkinan besar terjadinya hujan dalam periode ulang tertentu, yang merupakan hasil analisis hidrologi atau frekuensi. Gambaran kemungkinan suatu kejadian hidrologi berupa curah hujan yang direncanakan dan menjadi acuan hitung dalam merencanakan hidrologi sebagai antisipasi terhadap probabilitas yang mungkin terjadi disebut analisis frekuensi. Teori pada analisis ini, yaitu distribusi lognormal, normal, gumbel, dan log pearson (Sri Harto, 1993). Jika dilihat dari metodenya, maka perhitungan ini dapat dilakukan dengan cara :

- Perhitungan Parameter Statistik;
- Perhitungan Hujan Sebaran;
- Pemilihan tipe distribusi;

### 2.1.18 Parameter statistik

Menghitung analisis frekuensi, memiliki acuan yang perlu diperhatikan, yaitu parameter terkait. Parameter yang dipakai dalam perhitungan ini antara lain mean ( $\bar{X}$ ), koefisien variasi (Cv), simpangan baku (Sd), koefisien kurtosis (Ck), dan koefisien kemiringan (Cs). Data curah hujan maksimum dalam harian yang dapat menentukan parameter ini. Di bawah ini merupakan rumus tiap-tiap parameter.

- Mean ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots (2.4)$$

- Simpangan baku (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.5)$$

- Koefisien Kemiringan (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots (2.6)$$

- Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{1/n \sum (Xi - \bar{X})^4}{1/n \sum ((Xi - \bar{X})^2)^2} \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \dots\dots\dots (2.7)$$

- Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- $\bar{X}$  = mean curah hujan (mm)
- X = nilai curah hujan (mm)
- n = total data curah hujan
- Sd = simpangan bakucurah hujan
- Cs = koefisien kemiringan curah hujan
- Ck = koefisien kurtosis curah hujan
- Cv = koefisien variasi curah hujan

**2.1.19 Pemilihan Jenis Sebaran**

Analisis frekuensi dapat memilih jenis sebaran. Harto (1993) menyatakan bahwa analisis ini dapat dilakukan dengan berbagai asumsi, yaitu.

Tabel 2. 1 Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

No.	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3
2	Log Normal	Cs = Cv <sup>2</sup> + 3Cv = 0,292 Ck = 5,383 Cv ~ 0,06
3	Log Pearson jenis III	Cs ≠ 0
4	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4

Berdasarkan perhitungan parameter statistik akan diperoleh harga Cs dan Ck. Kemudian, jenis distribusi atau sebarannya dapat dipilih dan diperiksa untuk dibandingkan.

- b. Distribusi Normal dan Gumbel.

Dibawah ini persamaan sebaran normal dan gumbel :

$$X = \bar{X} + k . S \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

- X = Besar peluang periode tertentu
- $\bar{X}$  = Mean X
- k = Nilai karakteristik distribusi
- S = Simpangan baku

o Distribusi Log Pearson Tipe III dan Log Normal

Di bawah ini merupakan persamaan distribusi log pearson tipe III dan log normal.

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

- Y = Nilai logaritmik dari X
- $\bar{Y}$  = Mean Y
- k = Nilai karakteristik distribusi
- S = Simpangan baku

### 2.1.20 Plotting Data

Sebelum menjalankan uji kecocokkan distribusi, perlu memploting data. Hal tersebut berguna untuk mengetahui sebaran peluang sesuai dengan data hidrologi yang dihitung. Ukuran sumbu x dan y diplot pada lembar probabilitas dengan tujuan dapat menghampiri garis lurus. Lalu, garis teoritis akan dibuat dengan menghampiri titik data berdasarkan data yang ada sebelumnya.

$$P_i(X_m) = m/(n+1) \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangani:

- P (X<sub>m</sub>) = Data urut kecil ke besar atau sebaliknya
- m = Nomor urut
- n = Total Data

### 2.1.21 Uji Kecocokan Sebaran

Metode guna menentukan kesesuaian suatu sebaran frekuensi untuk pengambilan sampel data dari suatu distribusi probabilitas, dengan syarat distribusi frekuensi tersebut dapat digunakan disebut uji kecocokan sebaran.

Diperlukan dua parameter uji dalam pengujian ini, yaitu.

### Chi Kuadrat

Pengujian yang dimaksudkan untuk mengetahui kesesuaian sebaran data observasi teoritis dalam arah vertikal disebut sebagai uji chi kuadrat. Di bawah ini merupakan rumus uji chi kuadrat.

$$X_{hitung}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(F_e - F_t)^2}{F_t} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

$X_{hitung}^2$  = Parameter chi kuadrat terhitung

k = Jumlah kelas

$F_e$  = Frekuensi pengamatan kelas j

$F_t$  = Frekuensi teoritis kelas j

Soetopo dan Limantara (2017) mengeluarkan rumus Dk atau derajat bebas sebagai berikut :

Dk = k-1 (Parameter sampel tidak diperkirakan, namun frekuensi dihitung)

Dk = k-1-m (m parameter sampel diperkirakan, dan frekuensi dihitung)

Di bawah ini merupakan matriks derajat kepercayaan uji chi kuadrat.

Tabel 2. 2 Derajat Kepercayaan

Dk	Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ )							
	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	9,248	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,54	0,831	1,145	11,010	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548

Sumber : Bambang Triatmojo, 2008

Uji Smirnov-Kolmogrov merupakan bagian dari uji non-parametrik, dimana uji ini dilakukan pada data horizontal guna menentukan ketepatan data

dengan distribusi teoritis yang terpilih. Di bawah ini merupakan rumus Uji Smirnov-Kolmogorof:

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

- P = Peluang
- m = Nomor urut data
- n = Total data

Untuk melakukan Uji smirnov-kolmonogorov, maka perlu diperhatikan langkah-langkah di bawah ini.

- Mengurutkan data harian maksimum yang terbesar ke terkecil atau sebaliknya, kemudian tetapkan probabilitas tiap data.
- Menentukan probabilitas teoritis setiap nilai pada penggambaran data persamaan sebaran;
- Menentukan perbedaan terbesar antara dua nilai probabilitas dan antara probabilitas observasi dengan nilai probabilitas teoritis;
- Penentuan harga do dapat dilihat dari tabel nilai kritis. Sebaran teoritis dapat diterima jika  $D_{maks} < D_o$ .

Tabel 2. 3 Nilai Kritis Do dari Uji Smirnov-Kolmogrov

n	A			
	0.2	0.1	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	0.3	0.34	0.4
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	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	$1.07/N^{0.5}$	$1.22/N^{0.5}$	$1.36/N^{0.5}$	$1.63/N^{0.5}$



Sumber : Soewarno, 1995

### 2.1.22 Analisis Debit Air Rencana Dengan Metode Rasional

Metode rasional berperan dalam menganalisis debit banjir terjadwal. Cara ini digunakan untuk Das dengan luas  $\leq 80 \text{ km}^2$  (Subarkah, 1980). Dibawah ini merupakan rumus yang umumnya digunakan.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan :

- Q = Debit maksimum ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )  
 C = Koefisien *run off* (limpasan air hujan)  
 I = Intensitas hujan ( $\text{mm}/\text{jam}$ )  
 A = Luas daerah pengaliran ( $\text{km}^2$ )

Seyhan (1990) menetapkan nilai konstanta sebesar 0,278 pada Persmaan 2.15 diperoleh darikonversi aliran puncak ke satuan  $\text{m}^3/\text{s}$ . Pada saat yang sama, besarnya limpasan air hujan dapat ditentukan oleh beberapa faktor, seperti luas lahan, pola aliran sungai , jenis tanah, dan kemiringan. Pada analisis debit banjir terjadwal, nilai koefisien limpasan dengan metode rasional ada pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 4 Koefisien Runoff Untuk Metode Rasional

Deskripsi Lahan / Karakter	
Permukaan	Koefisien Aliran, C
Daerah	
Kota	0,70 - 0,95
Pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	
Rumah Hunian	0,30 - 0,50
Multiunit, Terpisah	0,40 - 0,60
Multiunit, Tergabung	0,60 - 0,75
Perkampungan	
Apartemen	0,50 - 0,70
Industri	
Ringan	0,50 - 0,80
Berat	0,60 - 0,90
Perkerasan	

Aspal dan Beton	0,70 - 0,95	
Batu bata, Paving	0,50 - 0,70	
Atap	0,75 - 0,95	
Halaman, Tanah Berpasir		
Datar, 2%	0,05 - 0,10	
Rata-Rata, 2%-7%	0,10 - 0,15	
Curam, 7%	0,15 - 0,20	
Halaman, Tanah Berat		
Datar, 2%	0,13 - 0,17	<i>Sumber :</i>
Rata-Rata, 2%-7%	0,18 - 0,22	<i>Mc</i>
Curam, 7%	0,25 - 0,35	<i>Guen,</i>
Halaman Kereta Api	0,10 - 0,35	<i>1989</i>
Taman Tempat Bermain	0,20 - 0,35	

### 2.1.23 Kala Ulang Minimum

Tiap-tiap struktur hidrolis tentunya membutuhkan perhitungan hidrolis. Karena proses perencanaan bangunan air tidak dapat terlepas dari perhitungan hidrolis. Pemilihan nilai periode ulang banjir terjadwal untuk bangunan air harus disesuaikan dengan mempertimbangkan analisis statistik urutan kejadian banjir. Di bawah ini merupakan kala ulang yang dipakai berdasar kegunaan saluran dan daerah resapan air. Kriteria periode ulang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 5 Kriteria Periode Ulang (Notodihardjo, 1998)

Tipe Lahan / Guna Lahan	Periode Ulang
Tol	10 Tahun
Jalan Arteri	10 Tahun
Jalan Kolektor	10 Tahun
Jalan Biasa	10 Tahun
Perumahan	2 – 5 Tahun
Pusat Perdagangan	2 – 10 Tahun
Pusat Bisnis	2 – 10 Tahun
Landasan Terbang	4 Tahun

### 2.1.24 Intensitas Durasi Frekuensi (IDF)

Parameter ini merupakan sebuah parameter penting pada proses pengubahan hujan menjadi sebuah aliran. Suatu frekuensi kejadian dapat digabungkan dengan

parameter ini dan menghasilkan grafik hubungan IDF. Selain ITU, penghitungan debit puncak dan limpasan juga dapat dihitung dengan kurva tersebut dengan rumus rasional. Perhitungan debit puncak di kawasan minim resapan dengan IDF atau korelasi antara intensitas hujan dengan waktu dan frekuensi menjadi penting dalam perencanaan sebuah sistem drainase.

## **2.2 Peneliti Terdahulu**

### **2.2.1 Perencanaan Drainase Gayamsari Subsistem Kanal Banjir Timur Semarang**

Penelitian ini dilakukan oleh Khoir, Novita Afrianti Panjaitan, Hari Nugroho, dan Sri Eko Wahyuni dari Universitas Diponegoro pada tahun Kecamatan Gayamsari Semarang. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan menyusun dokumen sistem drainase di kawasan tersebut. Rencana ini memakai data curah hujan dalam kurun waktu 14 tahun terakhir, sistem drainase yang telah ada, dan kontur bumi. Selain itu, selama perencanaan analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan aliran yang direncanakan menggunakan perangkat lunak SWMM EPA. Hal ini menyatakan bahwasanya debit banjir terjadwal dengan periode ulang lima tahun pada tiap sub-DAS sebesar 0,24 hingga 3,81 m<sup>3</sup>/s. Lalu, guna mengetahui efektifitas penampang saluran eksisting didimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Bagian ini direncanakan dengan mengingat kondisi aliran konstan, dan hasilnya menunjukkan bahwa bagian hilir sungai di Jalan Soekarno-Hatta dan tidak dapat memenuhi debit rencana. Oleh sebab itu, pengendalian yang disarankan yaitu membuat kolam sedimentasi dan meningkatkan kapasitas saluran drainase (Khoir et al., 2015)

### **2.2.1 Analisa Drainase Untuk Penanggulangan Banjir Menggunakan Epa Swmm**

Penelitian dilakukan oleh M. Rizal Zarkani, Rinaldi, dan Bambang Sujatmoko dari Universitas Riau pada tahun 2016 di wilayah Perumahan Mutiara Witayu, Pekanbaru. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi kapasitas penyerapan air limbah dari sistem drainase yang ada di wilayah tersebut dan mengidentifikasi alternatif solusi permasalahan banjir yang sesuai berdasar kondisi lapangan dengan perangkat lunak SWMM 5.0. Hasil pemodelan eksisting menunjukkan bahwa kapasitas drainase tidak memungkinkan menampung debit air,

namun elevasi saluran mampu secara optimal dalam mengelola banjir. Pompa dengan laju aliran  $2\text{m}^3/\text{s}$  dan  $4\text{m}^3/\text{s}$  tidak dapat menghilangkan air yang menuju reservoir, dan pompa berkelajuan  $6\text{m}^3/\text{s}$  dapat menghilangkan air yang masuk. Diperlukan 4.5 jam untuk membuang air limpasab dengan pompa. Oleh sebab itu, EPA SWMM 5.0 mampu mengevaluasi daya tampung saluran guna menanggulangi banjir (Zarkani et al., 2016)

### **2.2.2 Analisis Pengadaan Pintu Air Dan Pompa Air Untuk Penanggulangan Banjir di Perumahan Graha Bunga Pondok Kacang Barat Tangerang Selatan**

Penelitian dilakukan oleh Fariz Adya Fathaya, Frederik Josep Putuhen, dan Marelianda Al Dianty dari Universitas Pembangunan Jaya tahun 2021 di Perumahan Graha Bunga Tangerang Selatan. Penelitian bertujuan untuk memberikan alternatif untuk menanggulangi banjir di wilayah tersebut dengan melakukan pemasangan pompa dan pintu air hasil simulasi oleh EPA SWMM. Hasil analisa penyediaan pompa, pintu air, dan kolam detensi mampu menahan banjir dengan jenis curah hujan yang berbeda-beda. Penelitian ini juga menyatakan bahwa kolam dengan ukuran yang lebih kecil memerlukan waktu pengisian yang singkat, sehingga diperlukan pembuangan dengan volume yang lebih besar. Oleh sebab itu, pada kolam penampung 2 perlu dilengkapi dengan katup yang mampu mengalirkan air volume besar. Sementara itu, pada kolam penampung 1, satu pompa dengan kapasitas  $0.2\text{m}^3/\text{s}$  sudah mencukupi. (Fathaya et al., 2021)

### **2.2.3 Analisis Pengendalian Banjir Pada Tol Jakarta-Serpong Km.8+600 Dengan Menggunakan Kolam Retensi Dan Pompa Banjir**

Penelitian dilakukan oleh Rafi Arraz Rahmansah dari Universitas Pembangunan Jaya pada tahun 2022 di Pondok Aren-Serpong KM 8+600. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penanggulangan banjir di wilayah tersebut dengan menggunakan metode rasiona 20 tahun. Hasil penelitian menyatakan bahwa debit banjir yang melewati Sungai Sibinda sebesar  $80.409\text{m}^3/\text{s}$ . Perencanaan ini menghasilkan dibuatnya kolam retensi dengan kapasitas  $109.764\text{m}^3$  dengan luas sebesar  $36.558\text{m}^2$  dan kedalaman kolam 3m. Sementara itu, hasil simulasi pompa banjir dirancang otomatis menyala ketika tinggi air mencapai 3 m dan akan mati kembali jika air sudah surut 0.5. Kolam retensi diisi debit air sebesar  $30,409\text{m}^3/\text{detik}$ . (Rahmansah, 2022)

#### **2.2.4 Kajian Perencanaan Pompa Banjir Pada Kali Tebu Tambak Wedi Surabaya**

Penelitian dilakukan oleh Soebagio dan Fathur Reza Al Fatoni dari Universitas Wijaya Kusuma Surabaya pada tahun 2019 di kawasan Kali Pegirian dan Kali Tebu Surabaya. Penelitian ini bertujuan mengatasi banjir dengan memasang pompa banjir di bagian hilir sungai, sehingga banjir tersebut dapat langsung dialirkan ke laut. Perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode Gumbel adalah sebesar  $R50 = 150.97 \text{ m}^3/\text{s}$ . Metode rasional dipakai untuk menghitung total debit banjir rencana selama 50 tahun. Hasil perhitungan didapatkan bahwasanya  $Q_{50}$  tahun kali pegirian sebesar  $64.33 \text{ m}^3/\text{s}$ , kali tebu sebesar  $52.65 \text{ m}^3/\text{s}$ . Jumlah debit rencana 50 tahun  $116,98 \text{ m}^3/\text{s}$ . Metode HSS Nakayasu dengan periode 50 tahun digunakann untuk menghitung debit puncak banjir. Untuk  $Q_p$  50 tahun Kali Pegirian =  $57,98 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $Q_p$  50 tahun Kali Tebu =  $60,63 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sementara itu, dengan periode ulang 50 tahun, maka sisa debit banjir kali pegirian dan kali tebu sebesar  $17,815 \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Sembilan pompa dengan kapasitas  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  dibutuhkan di wilayah ini. (Fatoni & Soebagio, 2019)

#### **2.2.5 Kajian Penanganan Banjir Dengan Sistem Pompa Di Sungai Bendung, Kota Palembang**

Penelitian ini dilakukan oleh Heru Gunawan Apriadi, Sarino, dan Anis Saggaf dari Universitas Sriwijaya pada tahun 2021. Penelitian ini dilakukan di sungai Bendung, Kota Palembang. Penelitian ini memiliki tujuan guna mengkaji kinerja sistem pemompaan Sungai Bendung ditinjau dari luas dan ketinggian banjir di Palembang melalui simulasi MIKE 11 dan MIKE Flood. Hasil simulasi menunjukkan bahwa opsi yang paling optimal adalah opsi 4 yang terdiri dari 6 pompa dan menormalisasikan sungai tersebut sedalam 1 m. Hasilnya, luas banjir mengalami penyusutan sebanyak  $0,74 \text{ km}^2$ , tinggi banjir maksimum berkurang 0,6 meter, dan lama banjir mengalami pengurangan sebanyak 8,5 jam. (Apriadi et al., 2021)

#### **2.2.6 Analisis Curah Hujan Berdasarkan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) di Daerah Potensi Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografis**

Penelitian ini dilakukan oleh Dwi Uzteyqah Exacty, Hani, dan Arwan Putra Wijaya dari Universitas Diponegoro pada tahun 2014. Penelitian ini dilakukan di kabupaten Purworejo. Penelitian bertujuan guna menyusun grafik IDF serta melihat transformasi pemakaian lahan di wilayah sungai Bogowonto tahun 2002, 2008 dan

2013, serta melakukan analisis terkait dampak transformasi penggunaan lahan dan banjir. Metode mononebe dipakai guna menggambarkan grafik IDF, sedangkan metode rasional digunakan guna menghitung debit air. Hasilnya, pada kala ulang terpanjang (100 tahun) menyebabkan curah hujan yang lebih tinggi. Sedangkan pada kala ulang terendah (2 tahun) menyebabkan curah hujan yang paling rendah. Penggunaan lahan mengalami penurunan luas areal persawahan dan rawa, sedangkan luas pemukiman, perkebunan, hutan, danau, lahan kosong, serta tambak mengalami peningkatan yang signifikan. Nilai debit mengalami kenaikan tiap tahunnya (2002-2013). Oleh sebab itu, dampak dari intensitas curah hujan dan transformasi pemakaian perkebunan dan hutan memiliki persamaan regresi  $Y = 22720,14 + (0,52416 X) + ?$ . (Exacty et al., 2014)

