

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Air

Air atau yang dikenal sebagai H₂O, dalam rumus kimia terdiri dari 2 atom yang berbeda yaitu atom oksigen dan juga atom hidrogen yang bersifat terikat, secara umum air dikenal sebagai cairan yang tidak memiliki warna dan bau, air juga dapat berubah dalam bentuk lainnya seperti berubah menjadi bentuk padat, cair, dan gas dimana perubahan-perubahan tersebut dapat diakibatkan respon air itu sendiri terhadap keadaan lingkungan disekitarnya, Menurut (Sitnala Arsyad) air adalah senyawa dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen, yang menjadi H₂O.

Air sangat penting bagi kehidupan karena air menyediakan kebutuhan esensial bagi makhluk hidup seperti air minum dan kebutuhan lainnya. Air juga memiliki siklus di Bumi, atau lebih spesifiknya, siklus hidrologi, yang merupakan proses alamiah yang berkaitan dengan aktivitas pergerakan air di Bumi. Siklus ini melibatkan perubahan bentuk air melalui berbagai proses seperti evaporasi, transpirasi, evapotranspirasi, sublimasi, kondensasi, limpasan, dan infiltrasi, atau penyerapan air di dalam tanah..

2.1.2 Banjir

Banjir merupakan suatu kondisi dari tidak ter bendungnya air yang ada pada saluran pembuangan atau drainase atau juga bisa dikatakan terhambatnya saluran air dalam drainase sehingga air tidak mampu mengalir dengan baik dan menimbulkan tumpukan air pada titik tertentu sehingga air menggenangi wilayah atau daerah yang memiliki drainase dengan kinerja yang kurang baik. Menurut (Peraturan Dirjen RLPS No.04 2009). Banjir merupakan peristiwa dimanadaratan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) menjadi tergenang oleh air.

Fenomena dari kejadian banjir merupakan sebuah peristiwa dari alam yang dapat merugikan serta membahayakan kehidupan manusia yang disebabkan oleh adanya kelebihan air pada tempat yang tidak seharusnya.

Dikatakan sebagai banjir karena terjadi luapan air yang dikarenakan ketidakmampuan kapasitas penampang drainase akibat volume air yang lebih tinggi daripada kapasitas drainase.

2.1.3 Genangan

Definisi genangan menurut Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), genangan merupakan salah satu tumpukan cairan yang umumnya adalah air di sebuah permukaan, umumnya genangan bersifat dangkal dan terlalu kecil untuk dilewati oleh perahu, genangan dapat terjadi akibat intensitas hujan yang berlebihan, pembengkakan sungai, atau masalah drainase yang memiliki kinerja yang buruk, genangan juga sering terjadi di daerah yang datar atau tempat-tempat dimana air tidak dapat mengalir secara baik ke tempat lain atau tempat pembuangan, genangan bisa menjadi masalah karena dapat menyebabkan banjir, merusak tanaman, mengganggu transportasi, atau merusak jalan.

Selain itu genangan juga memiliki perbedaan dari banjir, menurut Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Jawa Timur untuk menganalisis perbedaan genangan dan banjir dapat dibedakan dengan:

- **Klasifikasi**
Banjir memiliki berbagai macam klasifikasi lainnya yang didasari oleh penyebabnya seperti banjir bandang, banjir rob dan lainnya sedangkan genangan tidak memiliki klasifikasi apapun.
- **Skala Waktu**
Banjir terjadi dalam waktu yang cenderung lebih lama dibandingkan dengan genangan, banjir biasanya terjadi kurang lebih selama 24 jam sedangkan genangan terjadi lebih singkat.
- **Skala Ruang**
Banjir terjadi dengan mencakup wilayah yang lebih luas dibandingkan dengan genangan serta banjir terjadi lebih tinggi atau dalam dibandingkan dengan genangan banjir biasanya terjadi dengan radius lebih dari 100 meter dengan tinggi lebih dari 40 sentimeter,

sedangkan genangan terkonsentrasi pada area tertentu dengan ketinggian yang sangat rendah jauh dibawah 40cm.

- **Penyebab**

Banjir terjadi oleh kombinasi berbagai macam faktor alam dan manusia yang sangat kompleks sedangkan penyebab genangan lebih dominan disebabkan oleh faktor dari manusia atau faktor lainnya seperti sistem drainase.

- **Dampak**

Dampak yang dihasilkan oleh banjir biasanya lebih besar dibandingkan dengan genangan, dampak yang dihasilkan banjir dapat menyebabkan kerugian materi yang sangat besar hingga kerugian nyawa, sedangkan dampak yang ditimbulkan genangan lebih kecil seperti jalan menjadi rusak atau bahkan tidak ada.

2.1.4 Drainase

Drainase memiliki arti mengosongkan air ataupun mengalirkan air yang diambil dari kata kerja "to drain". Selain itu, drainase adalah frasa yang digunakan untuk menggambarkan sebuah sistem yang terhubung dengan masalah air yang berlebihan, baik di atas maupun di bawah tanah. Sebuah sistem untuk mengendalikan, mengalirkan, dan membuang air disebut drainase. Selain itu, drainase juga dapat dianggap sebagai cara untuk membangun infrastruktur untuk sebuah ruang atau lahan. Ide di balik sistem drainase adalah untuk menjaga area tersebut bebas dari banjir yang tidak diinginkan atau kelebihan air untuk memaksimalkan penggunaan lahan yang sesuai. Hal ini dapat mencakup banjir yang disebabkan oleh air hujan, banjir bandang, air pasang, dan daerah yang surut.. Menurut Suripin (2004), drainase adalah bangunan air yang digunakan untuk mengaliri kelebihan air di suatu wilayah ke wilayah lain.

Drainase hujan perkotaan, juga dikenal sebagai drainase hujan perkotaan, drainase air limbah, drainase tanah, dan drainase jalan raya adalah empat jenis sistem drainase yang berbeda. Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014, yang mengatur tentang

penyelenggaraan atau pengadaan sistem drainase perkotaan, drainase didefinisikan sebagai saluran yang digunakan untuk mengalirkan air yang berada di permukaan atau di bawah tanah. Drainase dapat terbentuk secara alami, disengaja, atau melalui modifikasi. Fungsi utamanya adalah untuk mendistribusikan kelebihan air ke badan air penerima..

2.1.4.1 Drainase Perkotaan

Definisi dari drainase perkotaan yaitu pengelolaan aliran air permukaan dan air hujan di perkotaan dengan menggunakan kombinasi praktek-praktek teknik, struktural, dan non-struktural untuk mengurangi risiko genangan air, meningkatkan kualitas air, dan mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

Menurut Kementrian PUPR 2014 Sistem Drainase Perkotaan Terdiri Dari 2 sistem yaitu:

1. Sistem Teknis

Merupakan drainase yang memiliki saluran lokal, saluran induk atau utama, saluran sekunder, saluran tersier, dan bangunan tampung beserta kelengkapannya.

2. Sistem Non Teknis Drainase Perkotaan

Yaitu dukungan air hujan yang tidak hanya mengandalkan infrastruktur fisik seperti saluran air, gorong-gorong, dan kanal, tetapi juga melibatkan berbagai aspek lain yang lebih luas dan tidak berbentuk fisik seperti peraturan, kebijakan dan regulasi, keterlibatan masyarakat, dan perencanaan tata ruang.

2.1.4.2 Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase terdiri dari infrastruktur air, yang mencakup energi, pengelolaan limbah, jalan raya, pusat transit, dan kelompok bangunan kota. Jaringan drainase terdiri dari kelompok bangunan kota, kelompok pengelolaan limbah, kelompok energi, jalan raya, fasilitas transportasi, dan infrastruktur air sebagai kelompok infrastruktur regional. (Suripin, 2004). Drainase memiliki sistem jaringan yang dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu:

a. Sistem Drainase Mayor

Sistem ini memiliki peran utama dalam mengalirkan, menyimpan, dan pengelolaan lainnya terhadap air yang ada di daerah jaringan sistem drainase, sistem ini juga dikenal sebagai sistem primer.

b. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase ini juga dikenal sebagai sistem drainase pelengkap dari sistem primer bentuknya seperti saluran disepanjang sisi jalan, gorong-gorong, dan sebagainya yang biasanya memiliki bentuk atau skala yang lebih kecil dibandingkan sistem drainase mayor, sehingga skala debit yang dapat dialirkan dan ditampung juga lebih kecil.

2.1.4.3 Jenis-Jenis Drainase

Drainase dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

a. Menurut Sejarah Terbentuknya

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Sistem drainase ini merupakan salah satu sistem saluran yang berkembang secara organik dalam jangka waktu yang lama karena kondisi topografi yang beragam.

2. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase ini terdiri dari saluran-saluran yang sengaja dibuat dan direncanakan secara tepat berdasarkan analisis drainase secara ilmiah agar dapat dibangun dan direncanakan untuk dapat mengalirkan air hujan dengan debit tertentu.

b. Menurut Konstruksinya

1. Drainase Saluran Terbuka

Sistem drainase yang dibangun di tempat umum dikenal sebagai saluran terbuka karena saluran ini dimaksudkan untuk terbuka terhadap elemen-elemen dan memungkinkan air limpasan segera masuk ke dalamnya.

2. Drainase Saluran Tertutup

Saluran drainase yang memiliki penutup untuk alasan tertentu, seperti memiliki struktur atau jalan di atasnya, dikenal sebagai saluran tertutup. Jika saluran memiliki desain terbuka, konstruksi tidak akan mungkin dilakukan.

c. Menurut Fungsinya

Menurut (Hasmar, 2001), fungsi saluran drainase dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. *Single Purpose*

Adalah fungsi saluran yang hanya memiliki fungsi tunggal.

2. *Multi purpose*

Adalah saluran yang memiliki lebih dari satu fungsi atau banyak fungsi

d. Menurut Letak Saluran Drainase

1. Drainase dengan letak di permukaan tanah (*Land Surface Drainage*)

Adalah saluran yang letaknya ada di permukaan tanah, seperti parit atau lainnya.

2. Drainase bawah tanah (*Sub surface Drainage*)

Adalah saluran yang letaknya terkubur atau berada di bawah tanah, seperti pipa air atau lainnya.

e. Menurut sistem pengalirannya

1. Drainase dengan sistem jaringan

Secara khusus, drainase yang sistemnya dijalankan dengan melewati jaringan saluran dengan struktur pelengkap yang berbeda-beda.

2. Drainase dengan sistem resapan

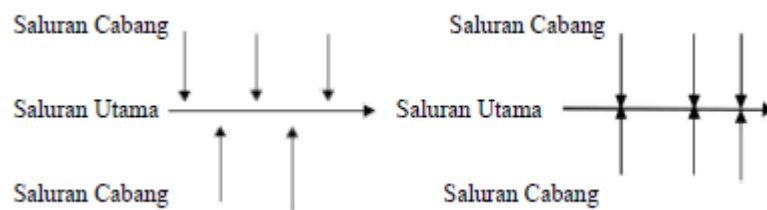
Drainase yang dapat mengalirkan air dan juga dapat menyerap air masuk kedalam tanah melalui bangunan pelengkap.

2.1.4.4 Pola Jaringan Drainase

Drainase memiliki beberapa pola jaringan, menurut Hasmar (2012, 4-5) pola dari jaringan drainase dapat dibedakan menjadi sebagai berikut:

1. Pola siku

Pola ini memiliki desain dengan jaringan yang memiliki sudut siku pada setiap pertemuan antara saluran utama dengan saluran cabang.



Gambar 2. 1 Pola Jaringan Drainase Siku
(H.A. Halim Hamsar, 2012)

2. Pola parallel

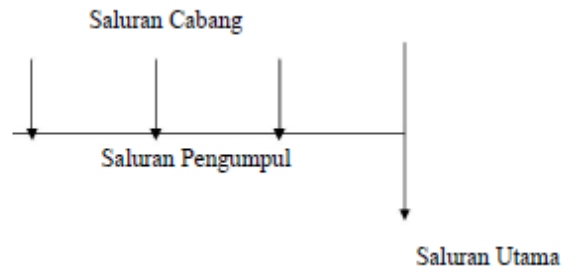
Saluran utama jaringan drainase dengan pola paralel berjalan sejajar dengan saluran cabang, dengan belokan yang menghubungkan keduanya di ujung cabang.



Gambar 2. 2 Pola Jaringan Drainase Paralel
(H.A. Halim Hamsar, 2012)

3. Pola grid iron

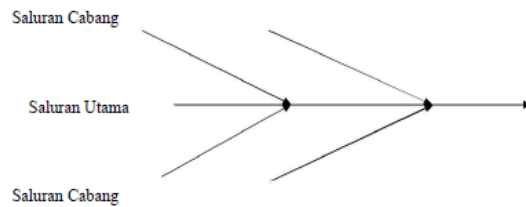
Pola ini memiliki titik pengumpul yang menghubungkan antara saluran utama dengan saluran cabang.



Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase Grid Iron
(H.A. Halim Hamsar, 2012)

4. Pola alamiah

Pola ini terbuat dan terbentuk secara alami dengan kemiripan pada pola siku.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Alamiah
(H.A. Halim Hamsar, 2012)

5. Pola radial

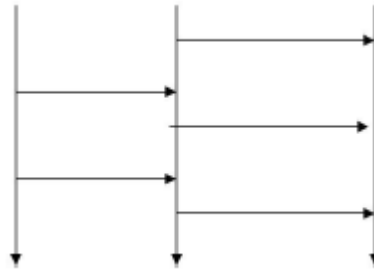
Pola radial merupakan sebuah pola dari jaringan drainase dengan memiliki titik pusat terhadap sumber air yang kemudian dialirkan ke berbagai titik wilayah lain melalui banyak saluran yang tersambung dengan titik sumber air biasanya pola ini digunakan di daerah berbukit.



Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase Radial
(H.A. Halim Hamsar, 2012)

6. Pola jaring-jaring

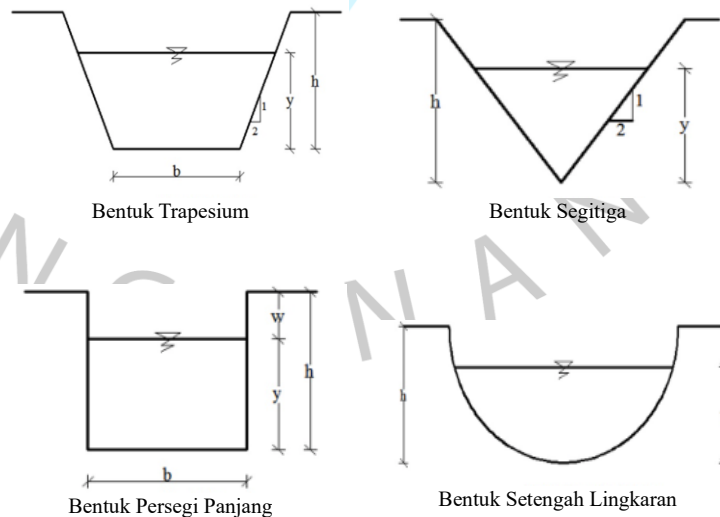
Pola jaring-jaring merupakan pola jaringan drainase yang alur pembuangannya sejajar mengikuti arah jalan, biasanya pola ini digunakan pada dataran atau kondisi topografinya cukup datar.



Gambar 2. 6 Pola Jaringan Drainase Jaring-Jaring
(H.A. Halim Hamsar, 2012)

2.1.4.5 Bentuk Penampang Saluran Drainase

Bentuk dari penampang drainase sangatlah beragam namun umumnya bentuk yang dipilih dan dirancang yaitu bentuk yang memiliki nilai ekonomis yang terjangkau dengan mempertimbangkan kebutuhannya, sehingga bentuk penampang drainase tidak terlalu kecil dan tidak terlalu mahal dan yang terpenting adalah bentuk atau ukuran penampang drainase harus dapat menampung debit hujan pada Kawasan itu sendiri.



Gambar 2. 7 Bentuk Penampang Saluran Drainase

2.1.4.6 Permasalahan Drainase

Banjir merupakan salah satu kondisi yang berkaitan dengan fenomena bencana yang terlebih sering terjadi pada musim hujan kondisi ini juga memiliki hubungan terhadap kerusakan pada sisi lingkungan dan kehidupan. Banyak faktor yang menjadi pemicu terjadinya fenomena banjir, secara umum fenomena banjir yang terjadi di berbagai wilayah (Haryoko, 2013) adalah:

1. Perubahan tata guna lahan dimana lingkungan setempat atau lahan setempat yang keadaannya berubah seiring dengan berjalannya waktu seperti wilayah desa yang menjadi daerah perkotaan yang sangat berpotensi menyebabkan banjir. Curah hujan dapat didefinisikan sebagai seluruh jumlah air yang jatuh ke permukaan bumi dalam waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan panjang (mm) per satuan waktu. Curah hujan juga merupakan ketinggian air hujan di suatu wilayah tertentu yang diperkirakan tidak mengalami penguapan, peresapan, atau pengaliran. Penelitian ini menggunakan data curah hujan rata-rata di daerah tersebut.
2. Keadaan iklim, keadaan alam yang berubah dapat menjadi faktor terjadinya banjir seperti pada waktu dan intensitas turunnya hujan yang terlalu tinggi dalam satuan waktu yang cukup lama dapat menyebabkan banjir, selain itu faktor lainnya seperti pasang surut ataupun tinggi muka air laut dapat mempengaruhi banjir.
3. Pertumbuhan penduduk dapat menjadi salah satu faktor banjir apabila pertumbuhan penduduk terjadi ketidak seimbangan dengan penyediaan sarana dan prasarana pendukung termasuk drainase yang memadai dapat menjadi faktor terjadinya banjir.
4. *Land subsidence* yaitu proses penurunan pada air tanah dari ketinggian atau elevasi sebelumnya dapat menjadikan daerah daratan menjadi lebih rendah terus menerus, hal ini juga dapat mengakibatkan genangan pada daerah atau wilayah yang menjadi lebih rendah ketinggiannya dibandingkan Sungai maupun laut.

2.1.5 Analisis Hidrologi Curah Hujan

Curah hujan dapat didefinisikan sebagai seluruh jumlah air yang jatuh ke permukaan bumi dalam waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan panjang (mm) per satuan waktu. Curah hujan juga merupakan ketinggian air hujan di suatu wilayah tertentu yang diperkirakan tidak mengalami penguapan, peresapan, atau pengaliran. Penelitian ini menggunakan data curah hujan rata-rata di daerah tersebut.

Tabel 2.1 Untuk Kriteria Pemilihan Tiga Metode

Luas DAS	Metode Hujan Rata-rata
DAS Kecil (<500 km ²)	Metode Rata-Rata Aljabar
DAS Sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metode Thiessen
DAS Besar (> 5000 km ²)	Metode Isohyet

Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004

2.1.5.1 Metode Isohyet

Metode isohyet adalah teknik untuk memproses data curah hujan yang telah dikumpulkan dan didokumentasikan oleh stasiun hujan. Metode ini digunakan dalam penentuan total curah hujan secara rata-rata pada suatu wilayah terhadap titik-titik tertentu.

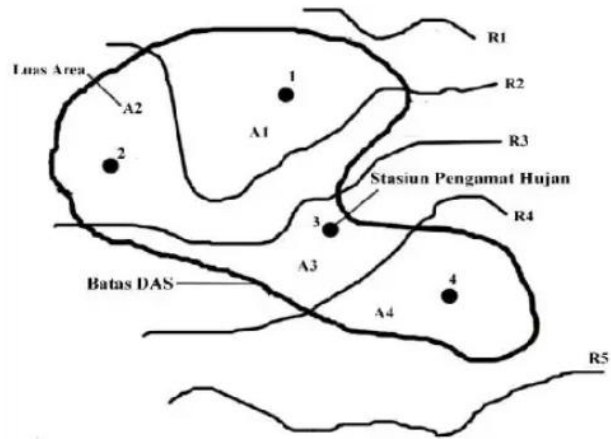
$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} \cdot A_1 + \frac{R_2 + R_3}{2} \cdot A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n+1}}{2} \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

R = Curah hujan rata-rata (mm)

R1, R2,, Rn = Curah hujan stasiun 1, 2,, n (mm)

A1, A2,, An = Luas bagian yang dibatasi oleh isohyet isohyet (km²).



Gambar 2. 8 DAS Metode Ihsoyet

2.1.5.2 Metode Thiessen

Metode Thiessen diketahui juga sebagai metode Voronoi atau *polygon Thiessen* ini digunakan untuk mencari rerata curah hujan atau suhu di suatu wilayah dengan mempertimbangkan bobot berdasarkan masing-masing stasiun hujan yang berada pada wilayah atau disekitar wilayah yang mewakili daerah tersebut sebagai bentuk penilaian pengaruh dari masing-masing stasiun hujan terhadap daerah yang diamati.

$$\bar{p} = \frac{A_1 \cdot P_1 + A_2 \cdot P_2 + \dots + A_n \cdot P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

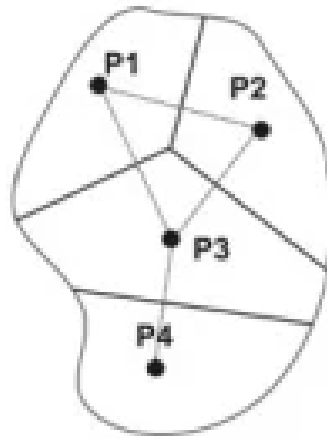
Dimana:

\bar{p} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

P_1, P_2, \dots, P_n

P_n = Curah hujan di stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili stasiun



Gambar 2. 9 DAS Metode Thiessen

2.1.5.3 Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar)

Metode rata-rata aljabar digunakan untuk memberikan sebuah pendekatan tentang curah hujan pada suatu wilayah dengan cara menjumlahkan data beberapa stasiun hujan dengan waktu yang sama kemudian dilakukan pembagian dengan jumlah stasiun hujan yang digunakan, metode ini tidak mempertimbangkan perbedaan spasial dalam data curah hujan dan dapat memberikan representasi yang cukup akurat. (Triatmodjo,2008) metode rata-rata aljabar dapat memberikan hasil yang baik jika data-data yang diperoleh melalui hasil stasiun hujan yang tersebar secara merata pada DAS.

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

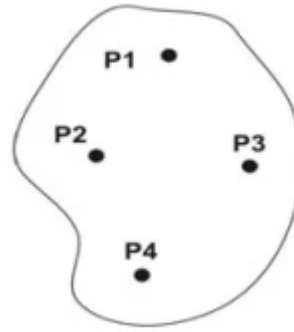
R = Curah hujan rata-rata maksimum (mm)

R_1 = Curah hujan di stasiun pengamatan pertama (mm)

R_2 = Curah hujan di stasiun pengamatan kedua (mm)

R_n = Curah hujan di stasiun pengamatan ke-n (mm)

n = Jumlah dari seluruh stasiun yang diamati



Gambar 2. 10 DAS Metode rata-rata Aljabar

2.1.6 Analisis Frekuensi Hidrologi

Adalah teknik yang digunakan untuk memperkirakan kemungkinan atau probabilitas debit sungai atau curah hujan selama periode waktu tertentu. Pendekatan ini menggunakan distribusi probabilitas untuk menetapkan hubungan antara frekuensi fenomena dan manifestasi ekstrimnya. (Triatmojo, 2008). berikut adalah tahapan perhitungan analisis frekuensi, yaitu:

2.1.6.1 Perhitungan Parameter Statistik

- a. Nilai Rata-rata

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

Dimana :

\bar{X} = Nilai rata-rata dari curah hujan

$\sum X_i$ = Jumlah data curah hujan ke-1

n = Total banyaknya data hujan

- b. Standar Deviasi

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

Dimana:

Sd = Nilai curah hujan rata-rata

\bar{X} = Jumlah data curah hujan ke-1

n = Banyaknya data hujan yang digunakan

c. Koefisien Variasi

$$cv = \frac{sd}{\bar{x}} \dots\dots\dots(2.6)$$

d. Koefisien Skewness/kemiringan

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)sd^3} \cdot \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^3 \dots\dots\dots(2.7)$$

e. Koefisien Kurtosis

$$ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^4}{sd^4} \dots\dots\dots(2.8)$$

2.1.6.2 Pemilihan Jenis Sebaran

Hasil perbandingan perhitungan digunakan sebagai penentuan jenis sebaran yang digunakan dengan parameter.

Tabel 2. 2 Parameter Statistik Untuk Penentuan Jenis Sebaran

Distribusi	Persyaratan
Normal	Cs ≈ 1 Ck ≈ 3
Log Normal	Cs = cv ³ + 3cv Ck = cv ⁸ + 6cv ⁶ + 15cv ⁴ + 16cv ² + 3
Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
Log Person III	Cs ≠ 0

Sumber: Triatmodjo, 2008

2.1.6.3 Pengujian Sebaran

Penggunaan pengujian sebaran yaitu untuk menentukan hujan harian maksimum dengan melakukan berbagai metode seperti:

a. Metode Distribusi Log Person III

Untuk menggunakan metode ini maka diperlukan beberapa variable yaitu:

1. Perhitungan rata-rata dengan rumus berikut:

$$\log \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

$\log \bar{X}$ = Curah hujan

n = Jumlah data yang digunakan

X_i = Curah hujan rata-rata

2. Perhitungan simpangan baku dengan rumus:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(2.10)$$

3. Perhitungan koefisien kemencangan dengan rumus:

$$Cs = \frac{n \sum (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} \dots\dots(2.11)$$

Dimana:

Cs = Koefisien skewness.

4. Perhitungan logratima dengan rumus:

$$x_t = \bar{x} + k.s \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

X_t = Curah hujan rencana untuk periode ulang.

K = Nilai yang digunakan berdasarkan nilai Cs yang akan didapatkan pada tabel.

5. Hitung koefisien kurtois dengan rumus:

$$Ck = \frac{n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)s^4} \sum_{i=1}^n \{\log(x_i) - \log \bar{x}\}^4 \dots\dots(2.13)$$

Dimana:

Ck = Koefisien kurtosis.

6. Hitung koefisien variasi dengan rumus:

$$Cv = \frac{s}{\log \bar{x}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

Cv = Koefisien variasi.

7. Hitung nilai ekstrim dengan rumus:

$$\log X = \log \bar{x} + G \cdot S \dots\dots\dots(2.15)$$

b. Metode Distribusi Log Normal

Metode ini menggunakan nilai pada logaritma dari distribusi normal.

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

X_T = Curah hujan dengan penggunaan periode ulang

\bar{X} = Nilai dari curah hujan rata-rata (mm)

K_T = Variable standar untuk periode ulang satuan tahun yang besarnya diberikan

Sd = Standar deviasi (simpang baku)

Tabel 2. 3 Nilai Standar Variabel Periode t Tahun

T (Tahun)	Kt
1	-1.86
10	1.26
20	1.89
50	2.75
100	3.45

Sumber: soewarbo, 1995

c. Metode Distribusi Gumbel

Metode gumbel digunakan sebagai penentuan hujan rencana dengan periode ulang persamaan yang digunakan pada metode ini adalah (soemarto, 1999).

$$X_t = \bar{X} + \frac{sd}{sn} (Y_t - Yn) \dots\dots\dots(2.17)$$

Rumus untuk hubungan antara periode ulang T dengan Yt dihitung sebagai berikut :

$$Y_T = - \ln \left[- \ln \frac{T - 1}{1} \right] \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana:

X_T = Hujan rencana dengan data ukur tahun

\bar{X} = Nilai dari curah hujan rata-rata (mm)

Y_T = Nilai reduksi varian dari variable yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, dilihat pada tabel (2.4)

Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi variat, nilai tergantung jumlah data (n), dilihat pada tabel (2.5)

S_n = Standar deviasi dari reduksi variat nilainya tergantung dari jumlah data (n), dilihat pada tabel (2.4)

Tabel 2. 4 Nilai Reduksi Varian (YT)

No	Periode Ulang, T (Tahun)	Reduce Variate (YT)
1	2	0,3668
2	5	1,5004
3	10	0,3668
4	20	2,9709
5	25	3,1993
6	50	3,9028
7	75	4,3117
8	200	5,2969
9	250	5,5206
10	500	6,2149
11	1000	6,9087
12	5000	8,5188
13	10000	2121

Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004

Tabel 2. 5 Nilai Reduksi rata-rata (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	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
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	0,5497	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

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
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	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004

Tabel 2. 6 Nilai Standar Deviasi (Sn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	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

Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004

d. Metode Distribusi Normal

Metode distribusi normal digunakan untuk menghitung periode ulang menggunakan pengaruh nilai variabel reduksi Gauss yang ada pada table 2.7

Tabel 2. 7 Nilai Reduksi Gauss

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

Sumber: Soewarno, 1995

Dihitung menggunakan persamaan untuk mencari hujan periode ulang dengan menggunakan metode distribusi normal:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

X_T = Curah hujan pada periode ulang (mm/hari)

\bar{X} = Nilai dari hujan maksimum rata-rata (mm/hari)

K_T = Faktor dari frekuensi (nilai variable reduksi gauss)

Sd = Standar deviasi (simpang baku)

2.1.6.4 Uji Kecocokan Distribusi

Pengujian parameter diperlukan untuk uji kecocokan ini karena tujuannya adalah untuk mengevaluasi seberapa baik sebuah distribusi dapat merefleksikan data frekuensi curah hujan. Berikut merupakan metode pengujian tersebut yaitu:

a. Uji Smirnov- Kolmogorov

Pengujian ini mempertimbangkan besarnya jarak maksimum terhadap jarak vertikal dengan pengamatan dan teoritisnya dari distribusi sampel pengujian ini dapat juga disebut sebagai uji kecocokan metode non parametrik dengan rumus:

$$a = \frac{p_{maks}}{P(x)} - \frac{p_{(xi)}}{\Delta_{cr}} \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

Tabel 2. 8 Nilai DKritis Uji Smirnov-Kolmogorof

N	Derajat Kepercayaan			
	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	0,19	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	$\frac{1,077}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004

b. Uji Chi-Kuadrat (Chi Square)

Pengujian chi-kuadrat mencoba untuk memastikan apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat secara akurat menggambarkan distribusi sampel data yang dianalisis. Menggunakan X^2 sebagai parameter dengan menggunakan rumus:

$$x_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(o_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

- $Xh2$ = Parameter Chi-Kuadrat terhitung
- G = Jumlah sub-kelompok
- O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke- i
- E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Tabel 2. 9 Nilai Kritis Uji Chi-Kuadrat

dk	Derajat Kebebasan				
	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01
1	0,00098	0,0039	3,841	5,024	6,635
2	0,0506	0,103	5,991	7,278	9,21
3	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345
4	0,484	0,711	9,488	11,148	12,277
5	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086
6	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812
7	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475
8	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09
9	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666
10	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209

Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004

2.1.7 Intensitas dan Waktu Curah Hujan

Intensitas curah hujan didefinisikan sebagai jumlah total hujan yang jatuh dalam periode waktu tertentu yang dinyatakan sebagai ketinggian hujan. Digunakan untuk mendapatkan nilai debit rencana dalam merencanakan drainase maupun bangunan air lainnya. Intensitas hujan dipengaruhi dari lamanya waktu hujan yang turun dengan semakin lamanya waktu hujan turun maka intensitasnya semakin berkurang.

1. Rumus Mononobe

Mononobe digunakan untuk menghitung intensitas hujan yang turun selama *time of consentrast* dengan rumus:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

- I = Intensitas dari curah hujan (mm/jam)
- t = Lamanya durasi curah hujan (jam)
- R₂₄ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

2. Rumus Van Breen

Menggunakan data hujan minimum 10 tahun dan digunakan sebagai perhitungan curah hujan dengan jarak yang terdekat pada sistem drainase. Rumus Van Breen:

$$X_T = \bar{X} + \frac{sx}{sn} \times (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots(2.23)$$

$$1 = \frac{90\% \cdot X_T}{4} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana:

- X_T = Besar curah hujan periode ulang T tahun (mm)/24 jam
- \bar{x} = Nilai rata rata arikmatika hujan kumulatif
- SX = Standa deviasi
- T = 5 tahun
- N = 10 tahun

2.1.8 Heterograf Rencana

Heterograf digunakan dalam pemodelan hidrologi untuk memberikan gambaran terhadap siklus air di suatu daerah untuk menentukan kapasitas intensitas curah hujan dengan menggunakan pendekatan acuan heterograf.

1. Waktu yang dibutuhkan air mengalir pada permukaan saat air jatuh hingga mencapai *inlet* saluran terdekat (*t_o*).

$$t_o = \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{s^{0.5}} \dots\dots\dots(2.25)$$

2. Waktu yang dibutuhkan air mengalir pada awal saluran hingga ujung saluran (t_d).

$$t_d = \frac{L_s}{(60 \times V)} \dots\dots\dots(2.26)$$

1. Waktu Konsentrasi (t_c)

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana:

- n = Nilai kekasaran manning
- S = Kemiringan
- L = Panjang lintasan aliran permukaan lahan
- L_s = Panjang lintasan drainase
- V = Kecepatan aliran didalam saluran

2.1.9 Debit Banjir Rencana

Debit banjir adalah total air hujan yang mengalir pada saluran sistem drainase. Debit banjir dapat digunakan sebagai perencanaan bangunan air. Dalam SNI 03-2786-2015 debit banjir rencana Q_{100} didefinisikan sebagai debit banjir yang terjadi setidaknya sekali dalam seratus tahun pada lokasi tertentu,

2.1.9.1 Metode Rasional

Metode ini digunakan dalam menentukan banjir maksimum pada saluran dengan daerah aliran seluas $40-80 \text{ km}^2$. Metode ini juga didefinisikan dengan cara aljabar untuk mendapatkan hasil sebagai berikut (Subarkah, 1980):

$$Qt = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana:

- Qt = Debit banjir rencana (m^3/dtk)
- C = Koefisien *run off* (koefisien limpasan)
- I = Intensitas maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (km²)

koefisien dari *run off* didapatkan dengan beberapa variabel yaitu dapat dilihat melalui tabel 2.10

Tabel 2. 10 Nilai Koefisien Manning (n)

Tipe Saluran	Koefisien Manning (n)
Baja	0,011-0,014
Baja Permukaan Gelombang	0,021-0,030
Semen	0,010-0,013
Beton	0,011-0,015
Pasangan Batu	0,017-0,030
Kayu	0,010-0,014
Bata	0,011-0,015
Aspal	0,013

Sumber: Wesli, 2008

2.1.9.2 Metode Melchior

Metode Melchior merupakan metode untuk memprediksi limpasan dalam tangkapan (DAS) yang total dari luas daerahnya yaitu lebih besar dari 100 km² dan prosedur dari metode ini yaitu:

$$Q_t = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \quad \dots \dots \dots (2.29)$$

Dimana:

Q_t = Debit banjir rencana (m³/detik)

A = Luas DAS (km²)

q_n = Hujan maksimum (m³/detik)

α = Koefisien pengaliran = 0,52

2.1.10 Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah bekas air yang sudah digunakan dan mengalir pada saluran drainase yang berasal dari berbagai macam aktivitas rumah tangga maupun industri. Menurut Suhardjono (1984). Debit air kotor yang mengalir yaitu berasal dari 70% kebutuhan air bersih. Debit air kotor yang dibuang setiap km² dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q_{ak} = \frac{P \times Q_{keb} \times 70\%}{A} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana:

Q_{ak} = Debit air kotor (lt/dt/km²)

P_n = Jumlah penduduk

Q_{keb} = Kebutuhan air bersih (lt/hari/orang)

A = Luas daerah (km²)

2.1.11 Kala Ulang

Kala ulang diukur dalam satuan waktu dimana probabilitas suatu kejadian seperti banjir dengan debit tertentu yang mungkin akan terjadi sesekali dari beberapa sekian kemungkinan dalam jangka waktu tertentu.

Berikut adalah table untuk pemilihan kala ulang banjir rancangan:

Tabel 2. 11 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	< 10	10-100	101-500	>500
Kota	2 Th	2-5 Th	5 - 10 Th	10-25 Th
Metropolitam				
Kota Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5- 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2-5 Th	2- 5 Th	5-10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

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

2.1.12 Hidrolika Saluran Model EPA SWMM 5.2

Hidrolika saluran digunakan dalam perencanaan saluran drainase digunakan untuk memperhitungkan sifat-sifat air yang mengalir didalam saluran dengan perhitungan mengenai profil penampang saluran, dalam hidrolika saluran memiliki jenisnya salah satunya yaitu saluran terbuka yang ada pada sistem drainase perumahan.

2.1.12.1 Perhitungan Kapasitas Saluran

- Luas Penampang Saluran

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

- Keliling Basah Saluran

$$P = B + 2 x h \dots\dots\dots(2.32)$$

- Jari-Jari Hirdolis

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.33)$$

- Kecepatan Aliran

$$V = \frac{1}{n} (R)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.34)$$

- Debit Banjir Saluran

$$Q = A x V \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana:

A = Luas penampang basah (m^2)

B = Lebar bawah (m)

h = Kedalaman Saluran (m)

S = Kemiringan dasar saluran

V = Kecepatan Aliran

Q = Debit Saluran

2.1.12.2 Perhitungan Kecepatan Aliran Drainase

Kecepatan aliran air di dalam drainase harus disesuaikan dengan kecepatan maksimum yang diizinkan Dimana hal tersebut berkaitan dengan material untuk drainase.

Tabel 2. 12 Kecepatan Aliran Air Yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

Jenis bahan	Kecepatan aliran (v) yang diizinkan (m/det)
Pasir halus	0,45
Lempeng kepasiran	0,50
Lanau aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempeng kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu batu besar	1,50

Jenis bahan	Kecepatan aliran (v) yang diizinkan (m/det)
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Betong bertulang	1,50

Sumber : Standar Nasional Indonesia SNI 03 – 3424 – 1994

2.1.12.3 Perhitungan Waktu Inlet

Jarak dalam meter yang harus ditempuh air untuk mencapai drainase dari titik terjauh di daerah tangkapan air (100 m) dikenal sebagai waktu *inlet*. Koefisien hambatan daerah ini (perumahan) diperoleh dari tabel koefisien hambatan.

Tabel 2. 13 Koefisien Hambatan (Nd) Berdasarkan Kondisi Permukaan Tanah

Kondisi lapisan permukaan	nd
Lapisan semen aspal	0.013
Permukaan licin kedap air	0.020
Permukaan licin dan kotor	0.010
Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0.20
Padang rumput	0.40
Hutan gundul	0.60
Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0.80

Sumber : petunjuk drainase permukaan jalan No. 008/T/BNKT/1990, BINA MARGA

Perhitungan waktu inlet umum yang digunakan dengan rumus Keybe (1959)

$$t_I = \left\{ 2 / 3 \cdot 3.28 \cdot l_0 \cdot \frac{nd}{\sqrt{m}} \right\}^{0.167} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

t_I = Waktu inlet (menit)

Nd = Koefisien hambatan

l_0 = Jarak dari titik terjauh menuju drainase

M = Kelandaian permukaan

2.1.12.4 Perhitungan Waktu Konsentrasi

Analisa waktu konsentrasi permukaan digunakan untuk memperhitungkan waktu yang diperlukan suatu titik aliran drainase menuju keluar dari wilayah tersebut. (waktu air untuk menempuh jarak di sepanjang drainase).

$$t_2 = \frac{L}{(60)v} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana:

t_2 = waktu konsentrasi

V = kecepatan aliran

L = panjang drainase

Perhitungan waktu konsentrasi

$$t_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana:

t_1 = Waktu yang diperlukan untuk mengalir mencapai Inlet

t_2 = Waktu yang diperlukan untuk mengalir sepanjang drainase

2.1.12.5 Perhitungan Koefisien Pengaliran

Analisa koefisien pengaliran digunakan sebagai menyederhanakan perhitungan dan memungkinkan perbandingan secara konsisten pada kondisi lingkungan yang berbeda-beda.

$$C = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana:

C = Koefisien kondisi permukaan

A = Luas area permukaan

Tabel 2. 14 Koefisien Limpasan (C) Berdasarkan Kondisi Permukaan Tanah

Kondisi Permukaan Tanah		C
Jalur Lalu Lintas	Jalan aspal	0.70-0.95
	Jalan kerikil	0.30-0.70
Bahu Jalan Dan Lereng	Tanah berbutir halus	0,40-0.65
	Lapisan berbutir kasar	0.10-0.30
	Lapisan batuan kasar	0.70-0.85
	Lapisan batuan lunak	0.50-0.75
Tanah Pasir	0 – 2%	0.005-0.10

Kondisi Permukaan Tanah			C
Tertutup Rumput	Kelandaian	2 – 7%	0.10-0.15
		7%	0.15-0.20
Tanah Kohersif tertutup Rumput	Kelandaian	0 – 2%	0.13-0.17
		2 – 7%	0.18-0.22
		7%	0.25-0.35
Atap			0.75-0.95
Tanah lapangan			0.20-0.40
Taman dipenuhi rumput dan pepohonan			0.10-0.25
Daerah datar			0.3
Daerah curam			0.5
Sawah			0.70-0.80
Ladang / hama			0.10-0.30

Sumber : hendarsin shirley L *Petunjuk Praktis Perencanaan Teknik*

2.1.12.6 Kemiringan Drainase

Kemiringan drainase merupakan kemiringan dasar drainase dari hulu ke hilir drainase yang direncanakan dengan kelandaian tertentu sehingga air dapat mengalir dengan sendirinya akibat dari gaya gravitasi dengan batas kecepatan minimum sehingga tidak terjadi penumpukan volume air pada titik tertentu di drainase. Untuk mendapatkan nilai kemiringan dari drainase yaitu dengan mengkur elevasi hulu dan hilir drainase serta mengukur jarak total dari drainase atau bisa juga dengan rumus:

$$S = \frac{t_1 - t_2}{L} \times 100 \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana:

- S = Slope/kemiringan drainase
- t1 = Elevasi hulu drainase
- t2 = Elevasi hilir drainase
- L = Total panjang saluran drainase

2.1.12.7 Perhitungan Tinggi Jagaan

Tujuan dari tinggi jagaan pelindung adalah untuk menjaga agar air tidak meluap ke dalam sistem drainase dengan menciptakan ketinggian dan elevasi vertikal yang dirancang dari permukaan air ke bagian atas drainase.

Mencari ketinggian jagaan W menggunakan rumus:

$$W = \sqrt{0.2 \cdot h} \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana

W = Tinggi jagaan

h = Tinggi drainase

2.1.13 Komponen Pemodelan EPA SWMM

EPA SWMM adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan simulasi dalam model dengan menggunakan program hidrolis. Dalam melakukan pemodelannya diperlukan objek atau komponen pada program EPA SWMM yaitu:

a. *Rain gage*

Rain gage merupakan data yang mewakili curah hujan pada suatu kawasan atau daerah yang akan menyuplai air atau curah hujan pada saat proses simulasi. Data curah hujan yang digunakan harus terlebih dahulu diolah agar sesuai dengan format penginputan data pada perangkat lunak. Format pada *Rain gage* meliputi:

1. Intensitas curah hujan

Yaitu jumlah rata-rata hujan dalam satuan tertentu yang terjadi pada daerah yang dikaji.

2. Volume curah hujan

Yaitu total dari jumlah hujan yang turun yang tercatat pada pengukur hujan dalam waktu tertentu.

b. *Subcatchment*

Subcatchment atau daerah pengaliran merupakan unit hidrologi yang terjadi di permukaan tanah yang memiliki karakteristik topografi dimulai dari hujan yang turun kemudian mengalirkan limpasan ke

permukaan tanah dan masuk ke dalam sistem drainase melalui titik *inlet*. *Subcatchment* dibagi menjadi bagian *pervious sub area* dan *impervious sub area* dengan parameter lain yaitu:

1. *Area*

Merupakan total luas area yang sedang dimodelkan dan dikaji, digunakan sebagai pengukuran daerah resapan air.

2. *Width*

Merupakan lebar dari *subcatchment* pengukuran ini dapat dilakukan dengan bantuan dari Google Earth dengan menggunakan *measurement*.

3. *Slope%*

Merupakan kemiringan Sungai atau drainase untuk mengetahui seberapa cepat air dapat mengalir pada sistem drainase.

4. *Impervious%*

Yaitu persentase lahan yang tidak dapat melakukan infiltrasi atau kedap terhadap air seperti contoh jalan yang beraspal, jalan beton, rumah tinggal, dan lainnya.

5. *N-Impervious* dan *N-Pervious*

N-Impervious merupakan sebuah koefisien manning untuk daerah yang kedap air dan *N-Pervious* adalah koefisien manning yang tidak kedap air.

6. *Depression Storage (D Store Impervious dan D Store Pervious)*

Depression storage adalah sisa air yang menggenang dalam suatu cekungan pada area kedap air yang kemudian menahan air dalam lekungan tersebut. Air hanya mengalami penguapan dan tidak mengalami peresapan

7. *Zero impervious%*

Merupakan persentasi area yang kedap air terhadap total area yang sedang dikaji

8. Infiltrasi

Infiltrasi dalam area tangkapan dapat digambarkan melalui tiga model yang berbeda yaitu:

- a. *Horton Infiltrasion.*
- b. *Green-Ampt Infiltrasion.*
- c. *SCS Curve Number Infiltrasion.*
- c. *Junction Nodes* (Titik Pertemuan)
Merupakan adalah lokasi di mana dua aliran bertemu. Istilah "*Junction*" mengacu pada persimpangan saluran terbuka dan tertutup.
- d. *Outfall Nodes* (Titik Pengeluaran)
Merupakan titik ujung atau akhir dari jaringan sistem drainase dapat menggambarkan sebagai muara ataupun luaran lainnya tergantung dalam tempat yang dikaji.
- e. *Conduct Nodes* (Penghubung Pengaliran Air)
Merupakan penghubung untuk mengalirkan air pada suatu node ke node yang lainnya pada sistem drainase.

2.1.14 Kalibrasi Model

Kalibrasi model dilakukan untuk menilai model drainase yang dibuat pada program SWMM 5.2 apakah model tersebut memiliki hasil simulasi yang serupa pada kondisi lapangan dan dapat dinyatakan mewakili kondisi aslinya sehingga diperlukan kalibrasi pada model tersebut, kalibrasi model yang digunakan menggunakan nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) yang membandingkan hasil observasi lapangan dengan hasil simulasi model sebagai bentuk validasi. nilai ini dijadikan batasan kesalahan dalam menentukan nilai suatu koefisien (Bagus Subrata, Hartana and Setiawan, 2020). Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung NSE

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana

Q_i = Data Hasil Simulasi

P_i = Data Hasil Observasi

Tabel 2. 15 Kriteria Penilaian Nilai NSE

Nilai NSE	Interpretasi
$NSE > 0.75$	Good
$0.36 < NSE < 0.75$	Qualified
$NSE < 0.36$	Not Qualified

Sumber : ErySuhartanto

2.1.15 Pembatasan Pengertian Kinerja Drainase Serta Indikatornya

Pengertian dari kinerja drainase dalam penelitian ini lebih difokuskan pada kemampuan dari jaringan atau sistem drainase dalam mengalirkan debit air tanpa menyebabkan banjir ataupun genangan, untuk konteks penelitian ini indikator kinerja drainase yang dianalisis merujuk pada ketentuan dalam (Kementrian PU, 2014) dengan penyesuaian tertentu secara seperlunya sesuai dengan kebutuhan penelitian.

2.1.16 Analisis Indikator Kinerja Drainase Berdasarkan Aspek Teknis

Indikator yang digunakan dalam analisis kinerja sistem drainase berupa aspek teknis dalam penelitian ini yaitu kondisi drainase dan fungsi sarana serta prasarana drainase terutama yang dilihat berdasarkan perbandingan antara kapasitas drainase (Q_s) yaitu merujuk pada kemampuan drainase untuk mengalirkan debit air (Singgih, 2018), dengan debit rencana (Q_r) yaitu merujuk pada debit yang direncanakan untuk dialirkan oleh air dengan debit tertentu melalui sistem drainase (Saputra, 2019).

Dengan membandingkan (Q_s) dan (Q_r), dapat ditentukan apakah sistem drainase berkinerja baik atau apakah suatu segmen berpotensi tergenang. Sebaliknya, jika perbandingan antara kedua nilai tersebut kurang dari satu, maka kinerja drainase pada segmen yang ditinjau dapat dianggap berpotensi banjir.

2.1.17 Penilaian Kinerja Drainase

Kinerja sistem jaringan drainase adalah bagaimana hasil sistem drainase yang sudah dibangun dapat mengatasi permasalahan banjir atau genangan. Berdasarkan sistem jaringan drainase perkotaan yang harus

diperhatikan dalam perencanaan sistem jaringan drainase adalah aspek teknis. (Ditjen Tata Perkotaandan Tata Perdesaan). Bobot penilaian setiap komponen drainase disusun dengan menggunakan kriteria kinerja penilaian drainase berdasarkan aspek teknis dengan rumus:

$$\frac{\Sigma \text{memenuhi}}{\Sigma \text{memenuhi} + \Sigma \text{tidakmemenuhi}} \dots\dots\dots(2.43)$$

Tabel 2. 16 Bobot Kriteria Penilaian Drainase

Rendah	0%-20%
Cukup	20%-40%
Baik	40%-80%
Sangat Baik	80%-100%

Sumber: Analisa Kinerja Drainase, Vadlon, 2011

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Irdina Rafika. Analisis Saluran Drainase Jalan Darma Bakti Kota Pekanbaru Menggunakan Software EPA SWMM 5.1

Kawasan Jalan Darma Bakti di Kecamatan Payung Sekaki sering mengalami banjir dengan ketinggian 30-45 cm. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas penampang saluran drainase terhadap debit banjir menggunakan perangkat lunak SWMM 5.1, kemudian melakukan perbaikan untuk mengatasi banjir. Penampang melintang saat ini di daerah tersebut tidak lagi mampu menampung aliran banjir di beberapa lokasi, menurut hasil investigasi dan pemodelan perangkat lunak. Oleh karena itu, dilakukan perbaikan penampang di beberapa titik dengan memperbesar dimensi secara vertikal atau kedalaman drainase, serta merencanakan pembuatan 22 sumur resapan dengan dimensi R=0,7m dan H=3m.

2.2.2 Muhammad Ridwan. Analisis Sistem Saluran Drainase Untuk Menanggulangi Banjir Di Area Perumahan Grand Azizi Kota Padang Panjang

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan penampang drainase yang sesuai dengan data curah hujan 10 tahun pada tahun 2021. Metode perhitungan data curah hujan menggunakan metode Gumbel dengan data dari tiga stasiun hujan terdekat di area Perumahan Grand Azizi Padang

Panjang, yaitu stasiun hujan Padang Panjang, stasiun hujan Kandang IV, dan stasiun hujan Kasang. Intensitas hujan dihitung menggunakan metode Van Been. Penelitian ini menghasilkan rencana dimensi drainase dengan tinggi 0,70 m, lebar 0,71 m, dan tinggi jagaan 0,375 m dengan kemiringan saluran sebesar 0,036%. Dimensi ini dirancang untuk menampung debit air hujan sebesar 1,3 m³/d dengan kecepatan aliran 1,5 m/dt. Penentuan dimensi dilakukan menggunakan metode Trial and Error dengan bantuan data hujan 10 tahun yang telah diolah..

2.2.3 Derham. Analisis Kinerja Sistem Drainase Perkotaan Studi Kasus Kelurahan Bulurokeng Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar

Pembangunan industri dan pemukiman di Kelurahan Bulurokeng yang pesat telah mengubah ekosistem di sekitarnya, mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air hujan dan banyaknya genangan air. Selain itu, sedimentasi telah membuat sistem drainase yang ada saat ini menjadi kurang efektif, sehingga mengakibatkan meluapnya air di jaringan drainase Kelurahan Bulurokeng pada saat musim hujan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab banjir di jaringan drainase yang disebabkan oleh curah hujan dan langkah-langkah yang diambil untuk menanggulangnya di Kelurahan Bulurokeng, Kecamatan Biringkanaya. Meningkatkan ukuran saluran, mempercepat drainase di darat, dan membangun jaringan drainase baru di lereng adalah bagian dari manajemen banjir. Hasil survei dan perhitungan menghasilkan informasi sebagai berikut: Kecepatan aliran pada jaringan primer titik 1 adalah 0,95 m/dtk dan jaringan sekunder titik 2 adalah 0,75 m/dtk.

2.2.4 Widhita Satya Herlambang. Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Di Wilayah Jombang

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kinerja sistem drainase di wilayah Jombang dengan menganalisis kapasitas saluran dan gorong-gorong yang ada, serta perubahan kondisi lingkungan akibat perubahan tata guna lahan yang terjadi di wilayah Jombang. penelitian ini juga bertujuan untuk mendapatkan rencana sistem drainase dari perbaikan dimensi atau penampang untuk menghilangkan banjir. metode yang digunakan untuk

mencari curah hujan maksimum adalah metode Thiessen, metode menentukan curah hujan rencana yaitu dengan metode Gumbel dan Log Pearson Type III, perhitungan dalam mencari intensitas hujan yaitu dengan metode Monorobe, dan perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode rasional dengan kala ulang 5 tahun. beberapa saluran tidak mampu untuk menahan debit banjir hak tersebut disebabkan oleh rusaknya penampang drainase dan terjadi penumpukan sampah dan sedimentasi sehingga beberapa titik seperti saluran perumahan Denayar, diperlukan perbaikan dan penambahan kapasitas saluran drainase untuk menanggulangi banjir yang terjadi.

2.2.5 Nanang Saiful Rizal, Kajian Evaluasi Sistem Drainase Perkotaan

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi sistem drainase yang terletak di Jalan A. Yani. Temuan studi menunjukkan bahwa hanya 10 saluran yang memenuhi kriteria yang dapat diterima, berdasarkan ukuran sampel selama dua tahun, dan saluran yang tersisa tidak dapat digunakan untuk mengimbangi debit hujan. Untuk kinerja sistem drainase, nilai kinerja dan perhitungan kriteria presentase diperoleh nilai 23,3%. Selain itu, desain ulang menghasilkan nilai kinerja sistem drainase sebesar 100%.

2.2.6 Baiq Husnul Khotimah, Peningkatan Kinerja Sistem Saluran Drainase Kecamatan Kertosono Kabupaten Nganjuk

Salah satu penyebab utama banjir di Kecamatan Kertosono, Kabupaten Nganjuk, adalah kinerja sistem drainase yang tidak memadai. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan penelitian untuk meningkatkan sistem saluran Kecamatan Kertosono. Memanfaatkan metode Log Pearson Tipe III dan pendekatan E.J. Gumbel, curah hujan selama sepuluh tahun. Terdapat dua saluran yang tidak dapat menampung debit air, berdasarkan hasil analisis kapasitas saluran saat ini. Debit sebesar 0,160 m³/detik tidak dapat ditampung oleh saluran utama di Jalan Ngronggot, dan debit sebesar 0,024 m³/detik tidak dapat ditampung oleh saluran di Jalan Urip Sumoharjo di sebelah kanan. Dilakukan pembangunan sumur resapan sebagai upaya dalam peningkatan kinerja untuk saluran-saluran yang tidak dapat menampung debit air.

2.2.7 Juliastuti, The Assessment Of Drainage Performance In The Residential Area Using SWMM

Penelitian ini menganalisis sistem drainase berdasarkan kapasitas menggunakan pemodelan SWMM 5.1, dengan analisis hidrologi Log Pearson dan periode ulang 10 tahun. Dengan curah hujan sebesar 159,79 mm, didapatkan kapasitas drainase yang terisi di bagian hilir sungai dengan debit maksimum 2,726 m³/detik dan saluran sekunder dengan debit maksimum 0,624 m³/detik. Upaya penanggulangan dilakukan dengan dua skenario: skenario pertama adalah mendesain ulang dimensi saluran utama dan saluran sekunder, sedangkan skenario kedua adalah merencanakan kolam retensi dan mendesain ulang saluran sekunder. Kedua skenario ini dapat mengatasi masalah yang ada, namun skenario kedua menunjukkan penurunan aliran yang lebih signifikan.