

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

2.1.1 Pengertian Drainase

Drainase berasal dari kata *drainage* yang artinya mengalirkan, mengeringkan, membuang, atau mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat diartikan sebagai suatu upaya teknis untuk mengurangi kelebihan air, seperti air hujan, air rembesan, air irigasi, dan lain-lain dari suatu kawasan tapak agar fungsi kawasan tapak tidak terganggu. Sistem drainase diartikan sebagai sekumpulan bangunan air yang dirancang untuk mengurangi dan mengalirkan kelebihan air pada suatu area atau lahan agar lahan tersebut dapat berfungsi secara optimal (Dr. Ir. Suripin, M. Eng, 2004, hlm 7).

Istilah drainase berasal dari kata *drainage* yang memiliki arti mengeringkan atau mengalirkan air. Secara umum, drainase dapat dipahami sebagai suatu sistem yang dirancang untuk mengatasi kelebihan air, baik yang berada di permukaan tanah maupun yang tersimpan di bawah permukaan. Kondisi kelebihan air ini biasanya terjadi akibat curah hujan yang tinggi atau hujan yang berlangsung dalam waktu cukup lama. Dengan demikian, drainase juga dapat diartikan sebagai bidang ilmu yang mempelajari berbagai upaya untuk mengalirkan atau mengurangi kelebihan air dari suatu wilayah agar tidak menimbulkan genangan maupun masalah lingkungan. (Wesli, 2008)

Di wilayah perkotaan yang terus berkembang, keberadaan sistem drainase menjadi sangat penting karena adanya hubungan timbal balik antara aktivitas manusia dan siklus air alami. Hubungan ini umumnya terlihat dalam dua hal utama. Pertama, pemanfaatan air dari alam untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari manusia. Kedua, perubahan permukaan lahan menjadi kedap air, seperti pembangunan jalan dan bangunan, yang

mengakibatkan air hujan tidak lagi meresap secara alami, melainkan langsung dialirkan ke sistem drainase. Kedua kondisi tersebut pada akhirnya menimbulkan jenis aliran air yang perlu dikelola dengan baik melalui sistem drainase.(Butler & Davies, 2011)

2.1.2 Jenis Drainase

Menurut buku Drainase Perkotaan (Sindagamanik, 2021) Drainase dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Menurut Sejarah Terbentuknya
 - a. Drainase Alamiah (Natural Drainage)

Saluran drainase yang terbentuk secara alami dari proses alam tanpa adanya campur tangan manusia.
 - b. Drainase Buatan (Artificial Drainage)

Saluran drainase yang dibuat oleh manusia untuk mengelola air dalam suatu wilayah.
2. Menurut Letak Saluran
 - a. Drainase Atas Tanah (Surface Drainage)

Saluran drainase yang digunakan untuk mengalihkan limpasan air permukaan dan mengalirkan airnya menggunakan gravitasi.
 - b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (Sub Surface Drainage)

Saluran drainase yang mengalirkan air melalui suatu media (pipa) di bawah permukaan tanah yang ditanam pada kedalaman tertentu yang membentuk suatu jaringan drainase dan dihubungkan dengan sistem drainase kota.
3. Menurut Fungsi Saluran
 - a. Single Purpose

Saluran yang dirancang untuk mengalirkan hanya satu jenis limbah
 - b. Multy Purpose

Sebuah saluran yang dirancang untuk membuang beberapa jenis limbah campuran atau bolak-balik.
4. Menurut Konstruksi
 - a. Saluran Terbuka

Saluran terbuka merupakan sistem saluran yang biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalirkan air hujan.

b. Saluran Tertutup

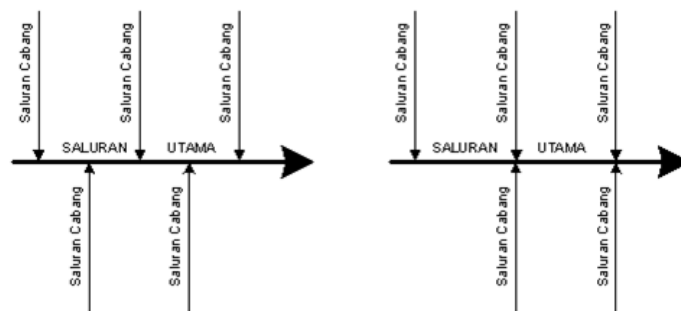
Saluran tertutup merupakan saluran yang mengalirkan air limbah yang berpotensi mencemari lingkungan yang dilaluinya. Jenis saluran ini juga sering digunakan untuk drainase di kota metropolitan karena bagian atas saluran yang tertutup dapat digunakan sebagai trotoar bagi pejalan kaki.

2.1.3 Pola Jaringan Drainase

Dikutip dari (Sindagamanik, 2021), sistem jaringan drainase saling terhubung serta membentuk suatu pola jaringan tertentu. Berikut ini beberapa pola jaringan drainase :

1. Pola Siku

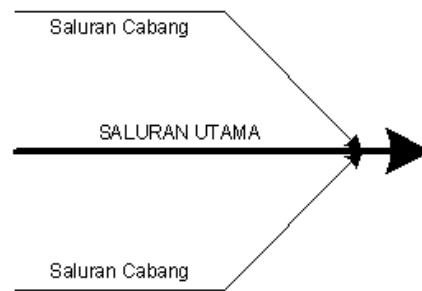
Jaringan yang terbentuk antara saluran cabang dan saluran utama ini cocok untuk daerah dengan topografi yang lebih tinggi dari sungai karena badan air penerima berada di atas sungai dan saluran utama berada di tengah kota.



Gambar 1.1 Pola Jaringan Drainase Siku

2. Pola Paralel

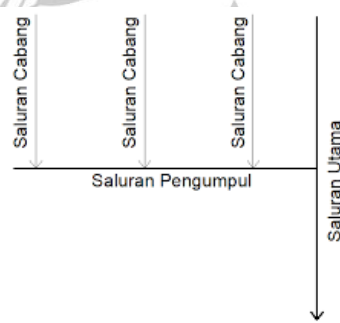
Letak saluran utama pada pola jaringan ini memiliki saluran yang sejajar dengan saluran cabangnya. Saluran cabang adalah saluran pendek dan berjumlah cukup banyak. Sehingga jika terjadi perkembangan perkotaan dari waktu ke waktu di masa depan salurannya mungkin dapat berubah.



Gambar 1.2 Pola Jaringan Drainase Paralel

3. Pola Grid Iron

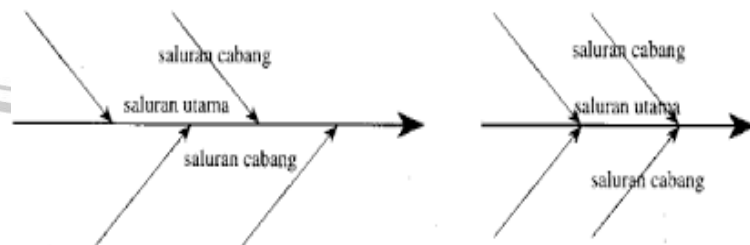
Pada pola jaringan ini didesain apabila sungai terletak jauh dari perkotaan serta air dari saluran cabang ditampung terlebih dahulu pada saluran pengumpul.



Gambar 1.3 Pola Jaringan Drainase Grid Iron

4. Pola alamiah

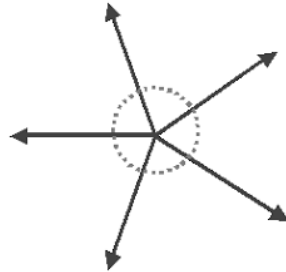
Pola drainase alamiah ini sama dengan jaringan drainase siku hanya saja sungai menerima beban yang lebih besar.



Gambar 1.4 Pola Jaringan Drainase Alamiah

5. Pola Radial

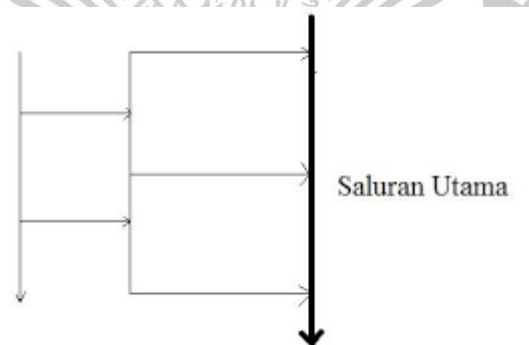
Pada jaringan drainase ini digunakan didaerah kawasan kota yang memiliki topografi berbukit-bukit dan pola jaringan ini dapat berupa pola radial karena arah aliran air dapat mengalir kesegala arah.



Gambar 1.5 Pola Jaringan Drainase Radial

6. Pola Jaring-Jaring

Pola jaringan ini adalah pola saluran yang mengikuti arah jalan raya. Pola jaringan seperti ini sangat cocok diterapkan pada daerah dengan topografi datar.



Gambar 1.6 Pola Jaringan Drainase Jaring – Jaring

2.2 Analisis Hidrologi

Hidrologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang keberadaan, persebaran, pergerakan, serta karakteristik air di bumi, termasuk interaksinya dengan lingkungan dalam setiap tahapan siklus hidrologi. Siklus hidrologi sendiri adalah suatu proses yang berlangsung terus-menerus, di mana air mengalami penguapan dari permukaan bumi, termasuk lautan, kemudian berpindah ke atmosfer, dan akhirnya kembali lagi ke daratan

maupun perairan. Selama proses tersebut, air mengalami berbagai perubahan yang melibatkan aspek fisika, kimia, dan biologi, baik saat berada di atmosfer, di permukaan tanah, di dalam tanah, maupun ketika berinteraksi dengan vegetasi. Seluruh rangkaian proses ini menjadi fokus utama dalam kajian hidrologi (U.S. Geological Survey. (2019). What is Hydrology?). Hal yang dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan sumber air yaitu menggunakan asesmen, pengembangan, utilisasi serta manajemen sumber daya air. Dengan mempelajari ilmu hidrologi, kita bisa menemukan solusi untuk berbagai isu lingkungan seperti kekeringan, banjir, perencanaan sumber daya air termasuk desain irigasi atau bendungan, pengelolaan daerah aliran sungai, kerusakan lahan, pengendapan, dan berbagai masalah lain yang berhubungan dengan air.

Secara alami, air mengalir dari daerah hulu menuju hilir, yaitu dari wilayah yang lebih tinggi ke wilayah yang lebih rendah. Aliran air tidak hanya terjadi di permukaan tanah, tetapi juga berlangsung di dalam tanah. Dalam sistem alam, pergerakan air, perubahan wujud, serta aliran air baik di permukaan, bawah permukaan, maupun di udara berlangsung mengikuti suatu siklus yang seimbang yang dikenal sebagai siklus hidrologi (Kodatie, 2010). Siklus hidrologi merupakan proses peredaran air yang terjadi secara terus-menerus, dimulai dari atmosfer ke permukaan bumi, kemudian kembali lagi ke atmosfer melalui tahapan kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi (Salsabila & Nugraheni, 2020). Siklus ini terjadi ketika air mengalir secara alami dari area tinggi ke area rendah, dari hulu ke hilir. Air mengalir di atas permukaan tanah, tetapi juga bergerak di dalam tanah. Dalam ekosistem alam, proses, perubahan bentuk, dan aliran air (baik di permukaan, dalam tanah, maupun udara) mengikuti suatu siklus yang seimbang yang dikenal sebagai siklus hidrologi. Siklus hidrologi memiliki peran yang sangat krusial bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Dengan keberadaan siklus ini, ketersediaan air di daratan tetap terjaga, sehingga suhu lingkungan, kondisi cuaca, curah hujan, dan keseimbangan ekosistem di bumi dapat terwujud berkat proses yang terjadi dalam siklus hidrologi ini.

2.2.1 Karakteristik Hujan

1. Durasi Hujan

Durasi hujan menggambarkan berapa lama waktu terjadinya suatu peristiwa hujan dalam satu waktu tertentu, yang biasanya dinyatakan dalam satuan menit atau jam. Lamanya hujan ini memiliki pengaruh terhadap karakteristik curah hujan, karena hujan yang berlangsung singkat cenderung memiliki intensitas lebih tinggi, sedangkan hujan yang terjadi dalam waktu lama umumnya memiliki intensitas yang lebih rendah.

2. Intensitas Hujan

Intensitas hujan (I_t) menunjukkan besarnya curah hujan yang terjadi dalam periode waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam mm per jam. Nilai intensitas ini tidak selalu tetap, melainkan berubah-ubah tergantung pada durasi hujan dan frekuensi kejadiannya, sehingga menjadi parameter penting dalam analisis hidrologi, khususnya dalam perhitungan limpasan..

3. Lengkung Hujan

Lengkung intensitas hujan merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara intensitas curah hujan dengan durasi hujan. Hubungan tersebut disajikan dalam bentuk kurva yang menunjukkan variasi intensitas hujan terhadap waktu untuk periode ulang tertentu. Lengkung ini dikenal juga sebagai Kurva IDF (Intensitas-Durasi-Frekuensi).(Amalia, 2022).

4. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik terjauh dalam suatu daerah aliran menuju titik pengamatan atau kontrol yang berada di bagian hilir saluran.(Tri et al., 2021)

2.2.2 Perhitungan Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Dikutip dari (Azwar, 2024), kita dapat menghitung jumlah penduduk dengan rumus sebagai berikut :

Tabel 1.1 Jumlah Penduduk 2015 – 2025

NO	Tahun	Total Jumlah Penduduk
1	2015	146155
2	2016	152097
3	2017	139995
4	2018	140971
5	2019	157909
6	2020	142798
7	2021	150371
8	2022	151960
9	2023	159781
10	2024	161204

Sumber : Kota Blitar Dalam Angka 2016 – 2025

a. Metode Aritmatika

Pertumbuhan penduduk dikatakan akan selalu bertambah tiap tahunnya.

$$P_t = P_0 (1 + rt)$$

$$r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_0} - 1 \right)$$

Keterangan :

P_t = Jumlah penduduk tahun ke t

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

r = Menyatakan periode waktu antara tahun dasar dan tahun t

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t

b. Metode Geometrik

Pertumbuhan yang berlangsung secara bertahap, dimana pertumbuhan dihitung pada akhir setiap tahun di suatu periode tertentu

$$P_t = P_0 (1 + r)^t$$

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

201910340311254
 Akhmad Rafi Barraq
 Prodi Teknik Sipil

Keterangan :

P_t = Jumlah penduduk tahun ke t

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

r = Menyatakan periode waktu antara tahun dasar dan tahun t

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t

c. Pertumbuhan penduduk eksponensial

Pertumbuhan penduduk yang berlangsung secara bertahap sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang pertumbuhannya diasumsikan terjadi pada satu periode selama periode tertentu

$$\frac{dP}{dt} = bP - dP$$

Jika diintegrasikan, akan diperoleh penyelesaian

$$\frac{dP}{dt} = (b - d)P$$

$$\frac{dP}{dt} = (b - d)dt$$

Misalkan $(b - d) = r$, sehingga

$$\int \frac{1}{P(t)} dP(t) = \int r dt$$

$$\ln P(t) = rt + C$$

$$P(t) = e^{rt+C}$$

$$P(t) = e^{rt}e^C$$

Diberikan syarat $t = 0$ maka $P(0) = P_0$, sehingga dari persamaan $P(t) = e^{rt}e^C$, maka akan diperoleh model sebagai berikut

$$P(t) = P_0 e^{rt}$$

Keterangan :

P_t = Jumlah penduduk tahun ke t

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

e = Bilangan pokok dari sistem bilangan logaritma (2,7182828)

r = Menyatakan periode waktu antara tahun dasar dan tahun t

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t

2.2.3 Debit Air Kotor

Debit air kotor merupakan air buangan hasil aktivitas penduduk yang asalnya dari rumah tinggal, instansi, bangunan komersial, dan lain sebagainya. Dalam perencanaan mengenai total aliran air buangan di bagi 3 yaitu :

1. Air buangan domestik.
2. Infiltrasi air permukaan (hujan) dan air tanah.
3. Air buangan industry dan komersial

Kebutuhan air bersih

$$Q_{\text{air}} = P \times q$$

Menjadi air limbah

$$Q_{\text{limbah}} = P \times q \times f$$

$$f = 0,6 - 0,8 = \text{dipakai } 70\%$$

konversi ke debit (m^3/detik)

$$Q = \frac{P \times q \times f}{86400}$$

$$Q_{\text{domestik}} = \frac{P \times q \times f}{A}$$

Rumus yang digunakan untuk menghitung debit air kotor adalah :

$$Q_{\text{domestik}} = \frac{P_n \times 70\% \times Q_{\text{kep}}}{A}$$

Keterangan :

$$Q = \text{Debit air kotor } (\text{m}^3/\text{det}/\text{km}^2)$$

$$Q_{\text{kep}} = \text{Jumlah kebutuhan air } (\text{l}/\text{det}/\text{orang})$$

$$P_n = \text{Jumlah penduduk}$$

$$A = \text{Luas daerah } (\text{km}^2)$$

2.2.4 Curah Hujan

Data hujan yang dipakai berasal dari Stasiun Ngadi-renggo yang terletak dekat dengan tempat penelitian ini, dengan satuan pengukuran dalam milimeter (mm). Data yang didapatkan adalah data harian yaitu dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2024.

2.2.5 Analisa Frekuensi dan Probabilitas

Analisa frekuensi dimaksudkan untuk menentukan jenis-jenis distribusi curah hujan yang sesuai berdasarkan nilai-nilai distribusi frekuensi. Dalam

Distribusi Frekuensi	Cs	Ck
Gumbel	1,1396	5,4002
Normal	0	3
Log Normal	Cs selalu positif	3.Cv
Log Pearson III	Tidak ada syarat khusus	Tidak ada syarat khusus

penentuan jenis sebaran yang akan digunakan untuk analisis frekuensi tersaji dalam tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 1.2 Syarat Pemilihan Distribusi Frekuensi

Sumber : suripin 2004

Dalam melakukan pemilihan sebaran frekuensi sebelumnya menghitung Cs, Cv dan Ck yang didapat dari parameter statistic yang berkaitan dengan analisis data meliputi :

- Rata – rata

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

- Simpangan baku

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

- Koefisien Variasi

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

- Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot sd^4}$$

Keterangan :

N = Jumlah Data

X_i = Data ke-i

\bar{x} = Rata – Rata data

S = Simpangan

Untuk menentukan curah hujan maksimum didasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan pada halaman 14(Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2014, 2014) yang menjelaskan terkait kala ulang berdasarkan tipologi kota yang dapat ditunjukkan oleh tabel di bawah ini :

Tabel 1.3 Kala Ulang Berdasar Tipologi Kota

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

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2014

Berdasarkan tabel di atas, jenis tipologi kota yang digunakan termasuk ke dalam tipologi kota kecil, tetapi kala ulang yang digunakan adalah 5 tahun.

2.2.6 Distribusi Log Pearson III

Setelah menentukan tinggi curah hujan harian maksimum dari data yang didapat, metode ini dapat dimanfaatkan untuk menghitung jumlah hujan rencangan yang terjadi dengan periode ulang T tahun. (Suripin 2004)

- o Curah Hujan Rancangan :

$$\text{Log } X_i = \text{Log } \bar{x} + G.S_d$$

- o Nilai Rerata

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

- o Standar Deviasi

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

- o Koefisien Asimetri Atau Kemencengan

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot s_d^3}$$

Keterangan :

Log X = Nilai Logaritma dari X dengan Kala Ulang T Tahun

Log \bar{x} = Nilai rata-rata dari Log X

Sd = Standar Deviasi

G = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari kala ulang dan koefisien kemencengan

Tabel 1.4 Nilai G untuk distribusi Log Pearson III

Koef Skew	Kala-Ulang (Tahun)							
	1,01	2	5	10	25	50	100	200
3,0	-0,667	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,9	-0,690	-0,390	0,440	1,195	2,227	3,134	4,013	4,904
2,8	-0,714	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	-0,740	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783
2,6	-0,769	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	-0,799	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	-0,832	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584
2,3	-0,867	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,2	-0,905	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444
2,1	-0,946	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2,0	-0,990	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,9	-1,037	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
1,8	-1,087	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,7	-1,140	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,6	-1,197	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,5	-1,256	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910
1,4	-1,318	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-1,383	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-1,449	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-1,518	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1,0	-1,588	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-1,660	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-1,733	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,7	-1,806	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-1,880	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-1,955	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,231	2,686	3,041
0,4	-2,029	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-2,104	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-2,178	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-2,252	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0,0	-2,326	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576

Sumber : Suripin, 2004

2.2.7 Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk mengevaluasi apakah data tertentu cocok dengan tipe distribusi teoritis yang diterapkan, maka perlu melakukan plot pada kertas probabilitas dengan metode Weibull. Teknik ini sering dipakai dalam analisis frekuensi curah hujan maksimum harian. Adapun metode Weibull dihitung dengan rumus sebagai berikut :

- o Metode Weibull

201910340311254
 Akhmad Rafi Barraq
 Prodi Teknik Sipil

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

Keterangan :

$P(X_i)$ = peluang terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan

n = jumlah data pengamatan

m = nomor urut kejadian atau peringkat kejadian

Dalam menentukan kesesuaian distribusi frekuensi (the goodness of fit) pada perhitungan statistik hidrologi dapat dilakukan dengan dua jenis pengujian yaitu :

1. Smirnov – Kolmogorov

Untuk memperkuat estimasi pemilihan distribusi yang telah ditentukan, dilakukanlah pengujian distribusi dengan metode Smirnov-Kolmogorov. Dalam pengujian ini, tidak diterapkan fungsi sebaran tertentu. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan peluang dari setiap distribusi empiris dengan distribusi teoritis guna memperoleh nilai perbedaan yang ditunjukkan dalam Δ_{maks} . dalam bentuk persamaan dan ditulis sebagai berikut :

$$\Delta_{maks} = P_e - P_t$$

Keterangan :

Δ_{maks} = Selisih antara peluang empiris dan peluang teoritis

Δ_{Cr} = Simpangan Kritis

P_e = Peluang Empiris

P_t = Peluang Teoritis

Kemudian dibandingkan dengan Δ_{maks} dengan Δ_{Cr} , apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{Cr}$ maka pemilihan distribusi frekuensi tersebut dapat diterapkan. Setelah itu menentukan nilai kritis D_0 untuk uji Smirnov-Kolmogorov menurut Hidrologi. Teknik Soemarto (1987). Dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 1.5 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	α			
	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	$\frac{1,07}{N^{0.5}}$	$\frac{1,22}{N^{0.5}}$	$\frac{1,36}{N^{0.5}}$	$\frac{1,63}{N^{0.5}}$

Sumber : Soewarno

2. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat atau Chi-Square adalah uji kesesuaian distribusi pengamatan terhadap distribusi teoritis kea arah vertical.

Rumus Chi-Square dinyatakan sebagai berikut :

$$X^2 = \sum \frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$$

Keterangan :

X^2 = harga Chi kuadrat.

E_f = banyaknya frekuensi yang diharapkan

O_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

Perhitungan uji Chi Kuadrat adalah :

1. Pengurutan data pengamatan dari besar ke kecil
2. Perhitungan jumlah kelas yang ada (K) = $1 + 3,322 \log n$.
3. Perhitungan nilai $E_f = \left[\frac{n}{k} \right]$
4. Perhitungan banyaknya O_f untuk masing – masing kelas.

Derajat kebebasan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DK = K - (P + 1)$$

Keterangan :

DK = derajat kebebasan.

K = banyaknya kelas.

P = banyaknya keterikatan atau banyaknya parameter. Untuk sebaran Chi-kuadrat ditetapkan nilainya = 2

Tabel 1.6 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Square

Table IV Percentage Points $\chi^2_{\alpha, \nu}$ of the Chi-Squared Distribution

ν	α	.995	.990	.975	.950	.900	.500	.100	.050	.025	.010	.005
1		.00+	.00+	.00+	.00+	.02	.45	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2		.01	.02	.05	.10	.21	1.39	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3		.07	.11	.22	.35	.58	2.37	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4		.21	.30	.48	.71	1.06	3.36	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5		.41	.55	.83	1.15	1.61	4.35	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6		.68	.87	1.24	1.64	2.20	5.35	10.65	12.59	14.45	16.81	18.55
7		.99	1.24	1.69	2.17	2.83	6.35	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8		1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	7.34	13.36	15.51	17.53	20.09	21.96
9		1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	8.34	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10		2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	9.34	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11		2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	10.34	17.28	19.68	21.92	24.72	26.76
12		3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	11.34	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13		3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	12.34	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14		4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	13.34	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15		4.60	5.23	6.27	7.26	8.55	14.34	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16		5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	15.34	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17		5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	16.34	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18		6.26	7.01	8.23	9.39	10.87	17.34	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19		6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	18.34	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20		7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	19.34	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
21		8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	20.34	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22		8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	21.34	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80
23		9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	22.34	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24		9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	23.34	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
25		10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	24.34	34.28	37.65	40.65	44.31	46.93
26		11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	25.34	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27		11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	26.34	36.74	40.11	43.19	46.96	49.65
28		12.46	13.57	15.31	16.93	18.94	27.34	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29		13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	28.34	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30		13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	29.34	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40		20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	39.34	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
50		27.99	29.71	32.36	34.76	37.69	49.33	63.17	67.50	71.42	76.15	79.49
60		35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	59.33	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
70		43.28	45.44	48.76	51.74	55.33	69.33	85.53	90.53	95.02	100.42	104.22
80		51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	79.33	96.58	101.88	106.63	112.33	116.32
90		59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	89.33	107.57	113.14	118.14	124.12	128.30
100		67.33	70.06	74.22	77.93	82.36	99.33	118.50	124.34	129.56	135.81	140.17

Sumber : (Douglas C. Montgomery & Georger C. Runger, 2011)

2.2.8 Intesitas Hujan

Apabila data hujan yang tersedia hanyalah data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin, 2004) :

$$I = \frac{R24}{24} \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3}$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R24 = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

tc = Lamanya hujan (jam).

Lamanya hujan pada perumusan diatas, dapat dinyatakan dengan waktu kosentrasi (tc) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari suatu titik terjauh pada Daerah Aliran Sungai (DAS) hingga mencapai titik yang ditinjau pada sungai. Kemiringan daerah aliran dan saluran dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Tc = t_0 + td$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167}$$

$$td = \frac{L}{60V}$$

Keterangan:

tc = Waktu konsentrasi (jam)

t₀ = Waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di permukaan (menit)

td = Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir (jam)

L₀ = Panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran sampai mencapai inlet atau tempat pengamatan banjir atau jarak titik terjauh pada lahan terhadap saluran (m)

S = Kemiringan rata-rata

L = Panjang Saluran (m)

V = Kecepatan rata-rata saluran (m/det)

2.2.9 Debit Banjir Rancangan Daerah

Untuk memahami kapasitas saluran drainase atau aliran banjir yang direncanakan, langkah pertama adalah menghitung total air hujan dan jumlah air dari penggunaan rumah tangga yang akan mengalir melalui saluran drainase di area yang sedang direncanakan. Debit rancangan adalah jumlah total air hujan dan air buangan rumah tangga.

$$Q_{\text{ranc}} = 1,1 \times Q_{\text{banjir}}$$

$$Q_{\text{ranc}} = 1,1 \times (Q_{\text{hujan}} + Q_{\text{ak}})$$

$$Q_{\text{ranc}} = Q_{\text{hujan}} + Q_{\text{ak}}$$

Keterangan :

$$Q_{\text{ranc}} = \text{Debit rancangan (m}^3/\text{detik)}$$

$$Q_{\text{hujan}} = \text{Debit Air Hujan (m}^3/\text{detik)}$$

$$Q_{\text{ak}} = \text{Debit Air Kotor (m}^3/\text{detik)}$$

2.2.10 Metode Rasional

Debit air hujan dapat ditentukan dengan menganalisis ukuran saluran berdasarkan jumlah debit air hujan yang akan dialirkan dengan metode rasional. Metode ini dapat menunjukkan keterkaitan antara debit limpasan dan jumlah curah hujan untuk daerah aliran sungai seluas 300 ha. Sehingga Metode Rasional dapat dihiung sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Keterangan:

Q = Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m³/dt)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan (km²)

C = Koefisien aliran, tergantung pada jenis permukaan lahan

Metode rasional memperkirakan debit limpasan dengan cara pendekatan koefisien pengaliran yang merupakan perbandingan antara debit maksimum dengan intensitas hujan. Sehingga Metode Rasional modifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Cs = \frac{2T_c}{2T_c + T_d}$$

Keterangan :

Cs = Koefisien tampungan

Tc = Waktu kosentrasi (jam)

Td = Waktu aliran air mengalir di dalam saluran dari hulu hingga ke tempat pengukuran (menit).

2.2.11 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara luasan hujan langsung dengan hujan total.

Tabel 1.7 Nilai Koefisien Aliran (C)

No	Deskripsi Lahan / Karakter Pemukaan	Koefisien C
1.	Bisnis	
	▪ Perkotaan	0,70 – 0,95
	▪ Pinggiran	0,50 – 0,70
2.	Perumahan	
	▪ rumah tunggal	0,30 – 0,50
	▪ multiunit terpisah, terpisah	0,40 – 0,60
	▪ multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
	▪ perkampungan	0,25 – 0,40
	▪ apartemen	0,50 – 0,70
3	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
	rata-rata 2 – 7%	0,18 – 0,22
	curam 7%	0,25 – 0,35
	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
	Hutan	
	datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
	bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
	berbukit 10 – 30%	0,30 – 0,60

Sumber : suripin 2004

Nilai koefisien C untuk penggunaan lahan yang seragam, yang jarang terjadi pada lahan yang cukup besar. Dalam kasus di mana DAS

kawasan terdiri dari berbagai jenis penggunaan lahan dengan koefisien pengaliran yang berbeda, koefisien DAS kawasan yang digunakan adalah koefisien DAS kawasan, yang dapat dihiung dengan persamaan berikut :

$$C_{das} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Keterangan:

CDAS = koefisien aliran permukaan suatu DAS

A_i = luas lahan dengan jenis penutup lahan i

C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i

n = jumlah jenis penutup lahan

2.2.12 Kapasitas Saluran

Air curah yang tinggi di suatu wilayah perlu segera dialirkan agar banjir dapat dihindari. Pengaliran air tersebut memerlukan saluran yang mampu menampung dan mengalirkan air menuju lokasi utama atau saluran akhir seperti sungai dan waduk. Kapasitas dari suatu saluran ditentukan oleh bentuk, sudut kemiringan, dan kekasaran permukaan saluran itu sendiri.

Maka dari itu, penentuan kapasitas air harus disesuaikan dengan volume air hujan yang dialirkan. Kapasitas saluran dapat dihitung dengan rumus :

1. Luas Penampang Persegi

$$A = b \times h$$

2. Keliling Persegi

$$P = b + 2h$$

3. Jari-jari Hidrolis

$$R = A/P$$

Keterangan :

b = Lebar Dasar Saluran (m)

h = Tinggi Saluran (m)

A = Luas Penampang (m)

P = Keliling Basah Saluran (m)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

4. Luas Penampang Trapezium

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

5. Keliling Trapezium

$$P = b + 2 \times h (m^2 + 1)^{0,5}$$

6. Jari-jari Hidrolis

$$R = A/P$$

Keterangan :

A = Luas Penampang (m)

m = Kemiringan dinding saluran

b = Lebar Dasar Saluran (m)

h = Tinggi Saluran (m)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

P = Keliling Basah Saluran (m)

7. Luas Penampang Segitiga

$$A = m \times h^2$$

8. Keliling Segitiga

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

Keterangan :

A = Luas Penampang (m)

m = Kemiringan dinding saluran

h = Tinggi Saluran (m)

9. Luas Penampang Lingkaran

$$A = 1/8 (\theta - \sin \theta) d^2$$

10. Keliling Lingkaran

$$P = 1/2 \times \theta \times d$$

Keterangan :

A = Luas Penampang (m)

d = diameter saluran (m)

P = Keliling Basah Saluran (m)

11. Kecepatan Aliran

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

201910340311254
Akhmad Rafi Barraq
Prodi Teknik Sipil

Keterangan :

V = Kecepatan aliran (m/s)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar saluran (m)

12. Kontinuitas

$Q = A \times V$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran rerata (m/s)

A = Luas Penampang Saluran (m²)

Q = Kapasitas Saluran (m³/s)

