

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Drainase didefinisikan secara suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air yang berasal dari hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi di suatu kawasan atau lahan sehingga fungsi dari kawasan tersebut tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. (Suripin, 2004)

Pada kawasan Komplek Bumi Lestari Indah, Korong Gadang, sistem drainase yang dipakai di lokasi menggunakan sistem drainase tertutup dan terbuka. Namun, sistem drainase rata – rata yang digunakan adalah sistem drainase tertutup. Tata guna lahan digunakan untuk pemukiman dan lahan hijau untuk penyerapan air sangat sedikit dibandingkan dengan lahan pemukiman. Hal ini kemungkinan penyebab genangan air karena daerah tangkapan air tidak dapat menampung volume air dan sistem infiltrasi yang tersumbat sehingga mengurangi efektifitas fungsi drainase.

2.2 Fungsi Drainase

Fungsi drainase adalah :

1. Mengeringkan ruas jalan
2. Menahan air di saluran drainase
3. Mengontrol sebagian air yang disebabkan hujan
4. Resapan air dalam melindungi air tanah

2.3 Sistem Drainase

Sistem drainase adalah suatu sistem struktur air yang bertujuan agar mengeringkan dan menahan air berlebih dari suatu wilayah sehingga tidak mengganggu aktifitas orang-orang.

2.4 Genangan

Genangan berarti berhenti mengalir berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia. Oleh karena itu, genangan air dapat diartikan air yang terhambat atau

berhenti mengalir pada suatu lokasi yang bukan lokasi terdapat air, seperti danau atau kolam.

Faktor – faktor penyebab terjadinya genangan, antara lain :

1. Peralihan tata guna lahan
2. Membuang sampah atau limbah sembarangan
3. Daerah kotor atau pemukiman kumuh di sepanjang sungai
4. Tidak berfungsinya sistem drainase
5. Daya tampung drainase yang tidak mencukupi

2.5 Analisis Hidrologi

Dalam perencanaan peningkatan sistem drainase, diperlukan tindakan analisis hidrologi sebagai penentuan nilai intensitas curah hujan yang diperlukan untuk memperkirakan debit rencana kawasan. Analisis hidrologi yang digunakan merupakan rentang periode ulang curah hujan 1, 2, 5, dan 10 tahun dalam mengkaji serta merencanakan drainase.

Tahapan mendapatkan debit dengan tahun perencanaan yang dilakukan dalam analisis hidrologi

1. Mengumpulkan data, seperti data hujan dan data dimensi saluran eksisting
2. Menganalisis distribusi hujan
3. Menganalisis frekuensi curah hujan
4. Menganalisis periode kala ulang curah hujan
5. Menganalisis intensitas dan waktu hujan
6. Menganalisis debit rencana

Tahapan ini bermanfaat dalam menganalisa debit rencana untuk memastikan bahwa saluran drainase eksisting dapat memenuhi kebutuhan debit rencana.

2.5.1 Analisis Hujan Rata-rata

Dalam analisis penyusunan suatu perencanaan pengendalian banjir diperlukan data curah hujan daerah yang dinyatakan dalam satuan mm.

Terdapat 3 macam cara yang dipakai dalam menghitung curah hujan dalam suatu kawasan, sebagai berikut :

1. Metode Aritmatik

Metode paling sederhana dibandingkan metode lain. Perhitungan dalam metode ini adalah membagi rata pengukuran pada semua stasiun hujan dengan jumlah stasiun dalam wilayah tersebut.

Metode ini cocok digunakan pada wilayah yang relatif mendatar dan memiliki curah hujan yang relatif homogen.

2. Metode *Thiessen*

Metode yang cocok untuk daerah menentukan tinggi hujan rata-rata, apabila pos hujannya tidak merata. Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah – langkah sebagai berikut :

- a. Lokasi stasiun di plot pada peta Daerah Aliran Sungai (DAS). Antar stasiun dibuat garis lurus penghubung.
- b. Tarik garis tegak lurus di tengah – tengah penghubung antar stasiun, sehingga membentuk poligon. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos stasiun yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Curah hujan pada pos stasiun tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
- c. Luas area pada tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS.

3. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat dalam menentukan hujan rata – rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman dalam memperhitungkan secara actual pengaruh tiap pos stasiun. Metode ini cocok digunakan untuk daerah pegunungan dan yang berbukit-bukit.

Metode di atas memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing. Oleh karena itu terdapat hal – hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan metode yang cocok untuk digunakan. Berikut faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan:

1. Jaring – jaring pos stasiun dalam DAS
2. Luas DAS
3. Topografi DAS

2.5.2 Analisis Distribusi Curah Hujan

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi. Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$(\bar{X} \pm S) = 68,27 \%$ $(\bar{X} \pm 2S) = 95,44 \%$ $C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log person III	Jika tidak ada hasil hitungan yang sama atau mendekati persyaratan diatas

(Sumber: Soewarno, 1995)

Dari tabel diatas bisa dilihat persyaratan nilai yang menjadi acuan untuk menentukan jenis distribusi yang akan digunakan. Jika hasil perhitungan yang diperoleh sama atau mendekati persyaratan diatas, maka bisa digunakan jenis distribusi yang sesuai (normal, gumbel atau log normal). Tetapi jika hasil perhitungan yang diperoleh tidak mendekati persyaratan diatas, maka bisa menggunakan log person III .

a) Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi (variation coefficient) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Bila dinyatakan dalam persentase:

$$Cv = \frac{100.S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

Cv = Koefisien variasi

S = Deviasi standar

$\bar{X}$ = Rata-rata hitung

Semakin besar nilai koefisien variasi, berarti datanya kurang merata (heterogen), dan jika semakin kecil berarti datanya semakin merata (homogen).

b) Koefisien Kemecengan (Cs)

Kemecengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*assimetry*) dari suatu bentuk distribusi. Apabila kurva suatu frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang kekanan atau kekiri terhadap titik pusat maksimum, maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetris, keadaan ini disebut meceng kekanan atau kekiri.

Pengukuran kemecengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau meceng. Umumnya ukuran kemecengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemecengan (*Coefficient of swekness*) dan dapat dihitung dengan persamaan:

$$Cs = \frac{a}{S^3}$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

Cs = Koefisien kemecengan

S= Standar deviasi

$\bar{X}$ = Rata-rata hitung

n= Jumlah data

Kurva distribusi yang berbentuk simetri, maka Cs = 0. Kurva distribusi yang bentuknya meceng kekanan maka Cs besar dari nol, sedangkan yang berbentuk meceng kekiri maka Cs kurang dari nol.

c) Koefisien Kurtosis (Ck)

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ck = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)S^4} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

Ck = Koefisien kurtosis

S = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Rata-rata hitung

n = Jumlah data

Bila Ck = 3, disebut dengan distribusi yang mesokurtis, artinya puncaknya tidak begitu runcing dan tidak begitu datar, serta berbentuk distribusi normal. Ck > 3 disebut dengan distribusi yang leptokurtis, artinya puncaknya sangat runcing. Ck < 3, disebut dengan distribusi yang platikurtis, artinya puncaknya lebih datar.

2.5.3 Analisis Frekuensi

Untuk melakukan analisa frekuensi ada 3 jenis distribusi yang dapat digunakan yaitu:

1. Distribusi Normal

Rumus dalam menganalisa frekuensi curah hujan yang digunakan dalam metode distribusi normal :

$$X_T = \bar{X} + sK_T \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang
T – tahunan

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung varial

S = deviasi standar

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik ditribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

Standar deviasi (SD) merupakan akar pangkat dua dari varian :

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

Faktor frekuensi merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Nilai faktor frekuensi K_T umumnya sudah tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode Ulang, T tahun	Peluang	K _T
1.	1,001	0,999	-3,05
2.	1,005	0,995	-2,58
3.	1,010	0,990	-2,33
4.	1,050	0,950	-1,64
5.	1,110	0,900	-1,28
6.	1,250	0,800	-0,84
7.	1,330	0,750	-0,67
8.	1,430	0,700	-0,52
9.	1,670	0,600	-0,25
10.	2,000	0,500	0
11.	2,500	0,400	0,25
12.	3,330	0,300	0,52
13.	4,000	0,250	0,67
14.	5,000	0,200	0,84
15.	10,000	0,100	1,28
16.	20,000	0,050	1,64
17.	50,000	0,020	2,05
18.	100,000	0,010	2,33
19.	200,000	0,005	2,58
20.	500,000	0,002	2,88
21.	1000,000	0,001	3,09

(Sumber: Bonnier, 1980 dalam Suripin, 2004)

Prosedur perhitungan curah hujan maksimum dengan metoda distribusi normal:

1. Tentukan X rata-rata dari semua nilai variat X

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

2. Hitung nilai deviasi standar dari X

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

3. Mencari faktor frekuensi (K_T) dari tabel nilai variabel reduksi gauss

4. Curah hujan maksimum untuk berbagai periode ulang.

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots \dots \dots (2.7)$$

2. Distribusi Log-Pearson III

Rumus yang digunakan pada Metode Distribusi Log Pearson III memiliki 3 parameter penting, yaitu harga rata-rata, simpangan baku, dan kemencengan.

a. Nilai rata-rata

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots \dots \dots (2.8)$$

b. Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.9)$$

c. Koefisien Kepencengan

$$Cs = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(\overline{S \log X})^3} \dots \dots \dots (2.10)$$

d. Rumus perhitungan hujan atau banjir dengan periode ulang T

$$\text{Log } X_{TR} = \text{Log } X_i + K_{TR} \times S \dots \dots \dots (2.11)$$

Nilai K pada distribusi Log-Pearson III dijabarkan dalam Tabel 2.3 di bawah ini :

Tabel 2. 3 Nilai K pada Distribusi Log-Pearson III

Sumber: (Suripin, 2004)

Koefisien Cs	PERIODE ULANG (TAHUN)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	PELUANG (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,516	1,250	2,626	3,304	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,097	3,705	4,444	6,200
2,0	0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,484	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,168	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	3,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	3,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,806	1,323	1,910	2,311	2,686	3,014	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,490	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,448	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,880	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,318	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,197	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,087	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,990	0,990	0,995	1,000
-2,2	0,330	0,751	0,844	0,888	0,905	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,799	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,661	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

3. Distribusi Gumbel

Metode Distribusi Gumbel dalam menghitung curah hujan rencana menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + S.K \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

X = harga rata-rata sampel

S = standar deviasi sampel

K = faktor probabilitas

Faktor probabilitas (K) untuk harga-harga ekstrim gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

Y_{TR} = *reduced variate*

Y_n = *reduced mean*, yang bergantung jumlah sample / data n

S_n = *reduced standard deviation*

Nilai Y_{TR} , Y_n , dan S_n dapat di lihat pada Tabel 2.4, Tabel 2.5, dan Tabel 2.6 dibawah ini :

Tabel 2. 4 *Reduced Variate* (Y_{TR}) sebagai Fungsi Periode Ulang Gumbel

T	Reduced
---	---------

(Tahun)	Variate
2	0,36651
5	1,99400
10	2,25037
20	2,97019
50	3,90194
100	4,60015
200	5,29561
500	6,21361
1000	6,90726
2000	7,60065
5000	8,51709
10000	9,21029
20000	9,90346
50000	10,81977
100000	11,51292

Sumber: (Suripin, 2004)

Tabel 2. 5 *Reduced Mean* (Y_n) untuk Distribusi Gumbel

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	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	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
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: (Marga, 1994)

Tabel 2. 6 *Reduced Standar Deviation* (S_n) untuk Distribusi Gumbel

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	1,1080
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	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber: (Marga, 1994)

4. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal, merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X. Rumus yang digunakan dalam perhitungan metode Log Normal adalah sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + K_t \cdot S_x \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

X_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun (mm/hari)

$\bar{X}$ = Curah hujan rata – rata (mm/hari)

S_x = Standar deviasi/simpangan baku

$$= \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum (X_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots(2.15)$$

K_t = Nilai koefisien untuk periode ulang tahun pada tabel berikut:

Tabel 2. 7 Nilai Koefisien K_t Untuk Distribusi Log Normal

Periode Ulang (tahun)					
2	5	10	25	50	100
0.00	0.84	1.28	1.71	2.05	2.33

Sumber : (Lubis 2016)

2.5.4 Uji Kecocokan (Chi Kuadrat)

Uji keselarasan dengan menggunakan pengujian Chi - kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sample data yang dianalisis. Rumus yang digunakan adalah :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

χ^2 = Harga Chi - Kuadrat

O_i = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.

E_i = Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya.

Prosedur pengujian Chi – Kuadrat adalah:

- Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil.
- Tentukan jumlah kelas yang ada (K) = 1 + 3,322 log n.
- Hitung nilai batas sub kelompok

$$\Delta X = \frac{K_{max} - K_{min}}{K - 1} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$X_{awal} = X_{min} - 0,5 \Delta X \dots\dots\dots(2.18)$$

$$X_{akhir} = X_{max} + 0,5 \Delta X \dots\dots\dots(2.19)$$

- Hitung nilai

$$E_i = \frac{n}{K} \dots\dots\dots(2.20)$$

- Menghitung nilai derajat kebebasan:

$$DK = K - (R + 1) \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

DK = Derajat kebebasan

K = Kelas

R = Banyaknya keterikatan nilai (Nilai R untuk distribusi normal dan binominal R = 2 dan untuk distribusi poisson R = 1)

- Hitunglah banyaknya O_i untuk masing – masing kelas.

Hitunglah nilai X^2 untuk setiap kelas kemudian hitung nilai total X^2 dari tabel untuk derajat nyata tertentu yang sering diambil sebesar 5% dengan parameter derajat kebebasan. Berikut tabel Nilai Kritis pada tabel 2.7 dibawah ini :

Tabel 2. 8 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi - Kuadrat

dk	α Derajat Kepercayaan							0.005
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.01	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.07	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.388	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.448	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.25	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.114	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.900	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.145	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	53.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.733	46.979	50.892	53.672

2.5.5 Waktu Konsentrasi

Waktu Konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol ditentukan dibagian hilir suatu daerah.

Menurut (Suripin, 2004), perhitungan waktu konsentrasi dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.22)$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{So}} \right)^{1/6} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$t_d = \frac{L}{Vd \times 60} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

t_c = Waktu konsentrasi

t_o = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari bagian terjauh melalui permukaan tanah ke saluran terdekat

t_d = Waktu mengalir didalam saluran ke tempat yang diukur

n = Angka kekasaran *Manning*

S = Kemiringan lahan

L = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

L_s = Panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)

V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

Berikut adalah kecepatan aliran air yang diizinkan berdasarkan jenis material pada tabel 2.9 dibawah ini :

Tabel 2. 9 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan
Berdasarkan Jenis Material

Jenis Bahan	Kecepatan yang Diizinkan (m/det)
Pasir Halus	0.45
Lempung Kepasiran	0.5
Tanah Elektial	0.6
Kerikil Halus	0.75
Lempung Kokoh	0.75
Lempung Padat	1.10
Kerikil Kasar	1.20
Batu - Batu Besar	1.50
Pasangan Batu	1.50
Beton	1.50
Beton Bertulang	1.50

Sumber : (Marga, 1994)

2.5.6 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) merupakan selisih antara puncak aliran permukaan dengan intensitas hujan. Terdapat beberapa penyebab yang menimbulkan efek besaran koefisien pengaliran antara lain kemiringan lahan, intensitas hujan, tanaman penutup tanah, dan laju infiltrasi tanah. (Saidah et al., 2023)

Koefisien pengaliran dipengaruhi beberapa faktor yang jumlahnya diperoleh dengan menggunakan beberapa metode tergantung pada tata guna lahan dan tipe permukaan yang ditunjukkan pada tabel 2.10 di bawah ini :

Tabel 2. 10 Koefisien Pengaliran (C) berdasarkan Jenis Permukaan

No	Untuk daerah / permukaan	C
1	Perdagangan - Pusat kota, terbangun penuh pertokoan - Sekeliling kota	0,70-0,95 0,50-0,70
2	Pemukiman - Keluarga tunggal - Keluarga ganda (tidak kopel) / aneka ragam - Keluarga ganda (kopel) / aneka ragam - Pinggiran kota (suburban) - Apartemen (rumah susun) - Perumahan, dengan kerapatan bangunan z rumah / ha 10 rumah / ha 15 rumah / ha 20 rumah / ha 25 rumah / ha 30 rumah / ha	0,30-0,50 0,40-0,60 0,60-0,75 0,25-0,40 0,50-0,70 0,45-0,55 0,50-0,65 0,60-0,70 0,65-0,75 0,75-0,85
3	Industry - Ringan - Berat	0,50-0,80 0,60-0,90
4	Taman, kuburan, hutan lindung	0,10-0,30
5	Lapangan bermain	0,20-0,35
6	Pekarangan rel kereta api	0,20-0,40
7	Daerah tak terbangun / terbengkalai	0,10-0,30
8	Jalan - aspal - beton - bata	0,70-0,95 0,80-0,95 0,70-0,85
9	Halaman parkir dan pejalan kaki / trottoir	0,75-0,85
10	Atap	0,75-0,95
11	Pekarangan dengan tanah pasiran - datar 2 % - rerata (2-7)% - terjal 7 %	0,05-0,10 0,10-0,15 0,15-0,20
12	Pekarangan dengan tanah keras - datar 2 % - rerata (2-7)% - terjal 7 %	0,13-0,17 0,18-0,22 0,25-0,35
13	Tanah gundul	0,70-0,80
14	Lahan galian pasir	0,05-0,15

Sumber : Mc. Guen, 1989 dalam (Dwi Poetra, 2019)

Rumus menghitung koefisien aliran rata-rata, yaitu :

$$C = \frac{A1.C1 + A2.C2 + A3.C3}{A1 + A2 + A3} \dots\dots\dots(2.25)$$

A = Luas Daerah Pengaliran (km²)

C = Koefisien Pengaliran

Rumus menghitung luas daerah pengaliran / luas banjir , yaitu :

$$A_{TOTAL} = A1 + A2 + A3 \dots\dots\dots(2.26)$$

2.5.7 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air per satuan waktu. Semakin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung intensitas durasi frekuensi. Data hujan ini dapat diperoleh dari pos stasiun hujan. Selanjutnya, berdasarkan data hujan jangka pendek, data hujan yang dilampirkan dalam bentuk menit atau jam, tersebut lengkung IDF (intensitas durasi frekuensi) dapat dibuat dalam satu persamaan.

Jika data hujan pendek tidak tersedia, hanya terdapat data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan Persamaan Mononobe :

$$I_t = \frac{RT_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

It = intensitas hujan (mm/jam)

tc = waktu konsentrasi (jam)

R₂₄ = curah hujan tertinggi dalam 24 jam (mm)

2.5.8 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit rencana adalah debit maksimal yang akan digunakan untuk mengalirkan air menuju saluran drainase guna menanggulangi terjadinya genangan air pada drainase. (Ardiansyah & Gasali M., 2020)

Metode dalam penentuan perhitungan debit rencana yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Rasional. Alasan digunakan metode ini karena luas DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha (3.0 km²) (Suripin, 2004).

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan debit rencana adalah :

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

Dimana :

Q = debit (m³/detik)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

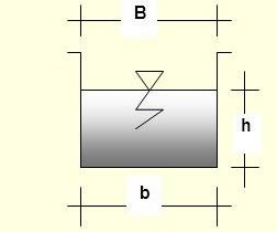
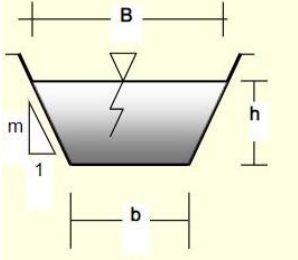
A = luas daerah pengaliran (km²)

2.6 Analisis Hidrolika

2.6.1 Penampang Saluran

Dalam mendesain penampang drainase dipakai persamaan pada tabel 2.11 sebagai berikut :

Tabel 2. 11 Geometris Penampang Saluran

		Persegi Panjang	Trapesium
Penampang			
Luas	A	$b \cdot h$	$(b + m \cdot h) \cdot h$
Keliling Basah	P	$b + 2 \cdot h$	$b + 2 \cdot h \sqrt{1 + m^2}$
Jari-jari Hidrolis	R	$\frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$	$\frac{(b + m \cdot h) \cdot h}{b + 2 \cdot h \sqrt{1 + m^2}}$
Lebar Puncak	T	b	$b + 2 \cdot m \cdot h$
Kedalaman Hidrolik	D	H	$\frac{(b + m \cdot h) \cdot h}{b + 2 \cdot m \cdot h}$

Sumber: (Subuh, 2015)

2.6.2 Kekasaran Saluran

Kecepatan aliran air akan dipengaruhi bahan pembentuk saluran. Jika dilapisi oleh tanah yang butirannya seperti lempung atau lanau, maka efek hambatannya akan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan bahan kasar seperti batu atau kerikil. (Annisa Wahyuni, 2023). Berikut koefisien kekasaran Manning untuk saluran pada tabel 2.12 dibawah ini :

Tabel 2. 12 Koefisien Kekasaran Manning untuk Saluran

Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai dan bersih	0.016 - 0.033
	Berkelok, landai dan berumput	0.023 - 0.040
	Tidak terawat dan kotor	0.050 - 0.140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0.035 - 0.045
Pasangan	Batu Kosong	0.023 - 0.035
	Pasangan Batu Belah	0.017 - 0.030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0.014 - 0.018
	Kurang halus, dan sambungan kurang rata	0.018 - 0.030

Sumber : (Chow, 1959)

2.6.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam saluran umumnya sangat beragam dari satu titik ke titik lainnya. Keadaan ini terjadi karena tegangan geser pada bagian bawah dan dinding saluran serta adanya permukaan bebas.

Kecepatan aliran seharusnya dipertimbangkan, karena jika terlalu cepat maka masa penampang saluran akan lebih singkat, jika terlalu lambat maka akan terjadi genangan atau endapan pada saluran.

Berikut rumus perhitungan kecepatan aliran pada sistem drainase :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.29)$$

Keterangan :

V = kecepatan aliran dalam saluran (m/s)

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidrolis saluran (m)

S = kemiringan saluran

2.6.4 Kapasitas Saluran Drainase

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung kapasitas saluran drainase :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan :

Q = debit aliran (m^3/s)

V = kecepatan aliran dalam saluran (m/s)

A = penampang basah saluran (m^2)

2.7 Penampang Saluran

Bentuk saluran yang dapat direncanakan untuk dipergunakan pada umumnya adalah persegi empat, trapesium dan setengah lingkaran.

1. Persegi empat

Saluran persegi empat berguna untuk menyalurkan limbah air hujan dengan Q besar yang sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi kecil dan biasanya digunakan pada daerah yang tidak/kurang tersedia lahan.

Rumus untuk saluran dengan penampang berbentuk persegi panjang yang ekonomis adalah :

$$Q = V \cdot A$$

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

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

$$R = h/2$$

$$b = 2h$$

$$P = 4h$$

Dimana: - Q = Debit (m^3/dtk)

- V = Kecepatan aliran (m/dtk)

- A = Luas (m^2)

- R = Jari jari hidrolis (m)

- b = Lebar (m)

- P = Keliling basah (m)

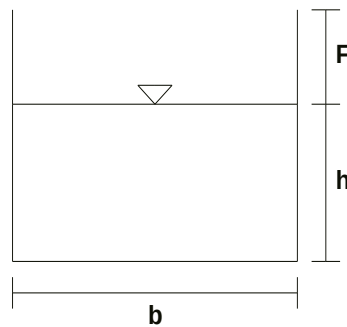
- F = Tinggi jagaan (m)

Saluran segi empat paling efisien kalau :

$$b = 2.h \text{ atau } h = b/2$$

$$A = 2.h^2 ; \quad P = 2h + b = 4 h ; \quad R = h/2$$

Berikut gambar penampang saluran persegi empat pada gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Penampang saluran persegi empat

2. Trapesium

Saluran trapesium berguna untuk menyalurkan limban air hujan dengan Q besar yang sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi kecil dan biasanya dipakai pada daerah yang cukup lahan.

Rumus untuk saluran dengan penampang berbentuk trapesium yang ekonomis adalah :

$$Q = V . A$$

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

$$A = h^2\sqrt{3} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$R = h/2$$

$$b = 2/3 h\sqrt{3}$$

$$P = 2h\sqrt{3}$$

Penampang trapesium paling efisien bila $m=1/\sqrt{3}$

Dimana: - Q = Debit (m^3/dtk)

- V = Kecepatan aliran (m/dtk)

- A = Luas (m^2)

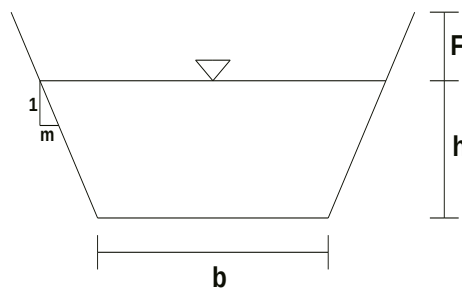
- R = Jari jari hidrolis (m)

- b = Lebar (m)

- P = Keliling basah (m)

- F = Tinggi jagaan (m)

Berikut gambar penampang saluran Trapesium pada gambar 2.2 dibawah ini :



Gambar 2.2 Penampang saluran trapesium

3. Setengah lingkaran

Saluran setengah lingkaran berguna untuk menyalurkan limbah air hujan dengan Q kecil

Rumus untuk saluran dengan penampang berbentuk setengah lingkaran yang ekonomis adalah :

$$Q = V \cdot A$$

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

$$A = \frac{1}{2} \pi \cdot h^2 \dots\dots\dots(2.33)$$

$$R = h/2$$

$$b = 2h$$

$$P = \pi h$$

Dimana: - Q = Debit (m³/dtk)

- V = Kecepatan aliran (m/dtk)

- A = Luas (m²)

- R = Jari jari hidrolis (m)

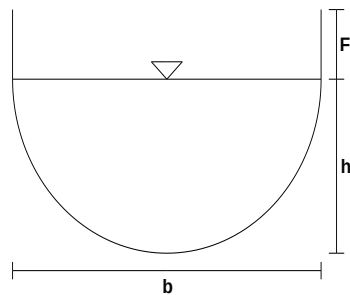
- b = Lebar (m)

- P = Keliling basah (m)

- F = Tinggi Jagaan (m)

Berikut gambar penampang saluran Trapesium pada gambar 2.3 dibawah ini

:



Gambar 2.3 Penampang saluran setengah lingkaran