

2 LANDASAN TEORI

2.1 Drainase

Drainase atau dalam bahasa Inggris yaitu *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, mengeringkan, atau membuang air. Secara umum drainase merupakan ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan (Riduansyah et al., 2022). Drainase merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk menangani permasalahan air berlebih, yang tidak diperlukan baik di atas permukaan tanah maupun yang berada di permukaan tanah (Humairo Saidah et al., 2021).

Drainase Perkotaan (*urban drainage*) merupakan sautu bagian dari ilmu drainase yang mempelajari teknis pengeringan wilayah perkotaan(Humairo Saidah et al., 2021). Di lingkungan pemukiman, drainase berfungsi sebagai sanitasi untuk mencegah menggenangnya air yang mengganggu kenyamanan dan Kesehatan lingkungan. Drainase juga berfungsi sebagai sarana untuk mencegah banjir.

2.2 Banjir

Banjir adalah genangan air pada tanah sampai melebihi batas tinggi tertentu yang mengakibatkan kerugian (Arif Siswanto, n.d.). Banjir adalah masalah umum yang sering terjadi di wilayah Indonesia, terutama di wilayah pada penduduk, contohnya di daerah perkotaan (Safitri et al., 2022). Banjir dapat terjadi karena peluapan air yang berlebihan di suatu wilayah akibat hujan besar, pecahnya bendungan sungai, meningkatnya air di permukaan laut, es mencair (Safitri et al., 2022).

Banjir dapat menjadi sebuah peristiwa atau bencana bagi manusia ketika terjadi pada kawasan yang merupakan tempat aktivitas manusia. Terdapat dua klasifikasi banjir, kedua peristiwa banjir terjadi karena limpasan air banjir dari sungai yang disebabkan oleh debit banjir yang lebih besar dari kapasitas pengaliran sungai yang ada (Safitri et al., 2022).

2.3 Tata Guna Lahan

Tata guna lahan dapat didefinisikan sebagai suatu hasil produk akhir dari persebaran manusia di permukaan bumi dalam hubungannya dengan lingkungan geografis (Khalis Ilmi, n.d.). Penggunaan lahan menggambarkan dari bentuk penggunaan atau fungsi yang mewujudkan beberapa bentuk tutupan lahan. Ketidakseimbangan antara penggunaan lahan dengan alam dapat mengakibatkan permasalahan.

Perubahan fungsi lahan di daerah tertentu dari kawasan pertanian atau lahan hutan yang juga berfungsi sebagai daerah resapan air, berubah menjadi daerah perumahan, industri dan kegiatan usaha non pertanian lainnya, berdampak pada ekosistem alami setempat (Perubahan Tata Guna Laahan Terhadap Resapan Air Di Desa Kemilau Baru Kabupaten Ogan Komering Ulu et al., 2022). Perubahan tata guna lahan mengakibatkan beberapa fenomena seperti penurunan jumlah dan mutu lingkungan, baik kualitas maupun kuantitasnya, yaitu menurunnya sumberdaya alam seperti, tanah dan keanekaragaman hayati serta adanya perubahan perilaku tata air (siklus hidrologi). Perubahan siklus hidrologi adalah terjadinya perubahan perilaku dan fungsi air permukaan, yaitu menurunnya aliran dasar dan meningkatnya aliran permukaan, yang menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan tata air dan terjadinya banjir dan genangan di daerah hilir (Perubahan Tata Guna Laahan Terhadap Resapan Air di Desa Kemilau Baru Kabupaten Ogan Komering Ulu et al., 2022).

2.4 Daerah Tangkapan Air (*Catchment Area*)

Daerah tangkapan air merupakan daerah cakupan atau tangkapan apabila terjadi hujan. Daerah tangkapan air ditentukan dari peta topografi dan daerah aliran sungainya. Prinsip dasar dari penentuan daerah tangkapan adalah dengan prinsip beda tinggi. Air akan mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah.

Daerah Tangkapan Air (DTA) merupakan bagian terpenting dari suatu DAS, karena di dalam DAS terdapat sub DAS kemudian di dalam sub DAS terdapat DTA. Air hujan yang ditampung pada daerah tangkapan air akan mengalir melalui aliran permukaan, aliran dibawah permukaan dan aliran dalam bergerak menuju aliran sugai yang membentuk DAS (Gultom & dan Syarifuddin Kadir Program Studi Kehutanan, 2022).

2.5 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah proses pengolahan data curah hujan, data luas dan bentuk pengaliran (*catchment area*), data kemiringan lahan atau beda tinggi, dan data-data tata guna lahan. Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana yang mana debit banjir rencana akan berpengaruh besar terhadap besarnya debit maksimum (Arif Siswanto, n.d.).

2.5.1 Hujan Kawasan

Data hujan yang diperoleh dari alat hujan yang hanya terjadi pada satu tempat atau satu titik saja. Untuk pengukuran hujan kawasan tidak bisa diwakili satu titik pos pengukuran. Hujan kawasan dapat diperoleh dari data rata-rata curah hujan yang sudah direkap. Terdapat tiga cara yang dipakai diantaranya Metode Rerata Aritmatik, Poligon Thiessen dan Isohyet.

a. Metode Rata-Rata Aljabar (Rata-rata Aritmatik)

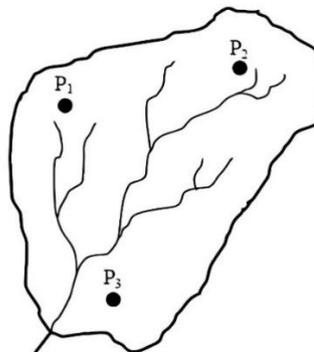
Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu kawasan. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan (Lashari, n.d.).

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan:

P = Hujan rerata kawasan

n = jumlah stasiun



Gambar 2.1 Metode Rata-rata Aritmatika
(Triatmodjo Bambang, 2019)

b. Metode Poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitar. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata (Lashari, n.d.). Hasil metode Poligon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5.000 km², dan jumlah pos penakan hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Prosedur penerapan untuk membentuk Metode Poligon Thiessen meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

1. Lokasi stasiun hujan diplot pada peta DAS yang akan ditinjau, antara semua stasiun hujan ditarik garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk Poligon Thiessen.
3. Luas area pada tiap poligon diukur dan dikalikan dengan tinggi hujan di stasiun yang berada di dalam poligon lalu setelah dijumlahkan dibagi dengan total luas daerah yang ditinjau.

Hujan rerata menggunakan metode ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

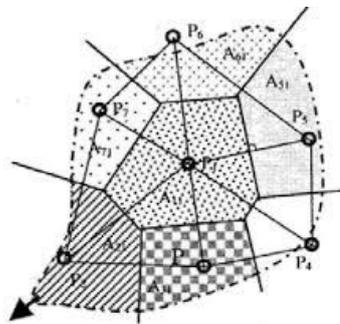
$$\bar{p} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + A_3 P_3 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

Keterangan:

\bar{p} = Hujan rerata kawasan

P_n = Hujan di stasiun 1, 2, ..., n

A_n = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n



Gambar 2.2 Metode Poligon Thiessen
(Suripin, 2004)

c. Metode Isohyet

Metode Isohyet merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata. Setiap perhitungan menggunakan metode ini berpengaruh setiap pos stasiun hujan dan beranggapan bahwa data hujan pada suatu daerah luasan diantara dua garis Isohyet merata dengan rerata dari nilai kedua garis Isohyet tersebut.

Metode Isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

1. Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
2. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm.
3. Hitung luas area antara dua garis Isohyet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua Isohyet yang berdekatan.

Untuk menggunakan metode Isohyet dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

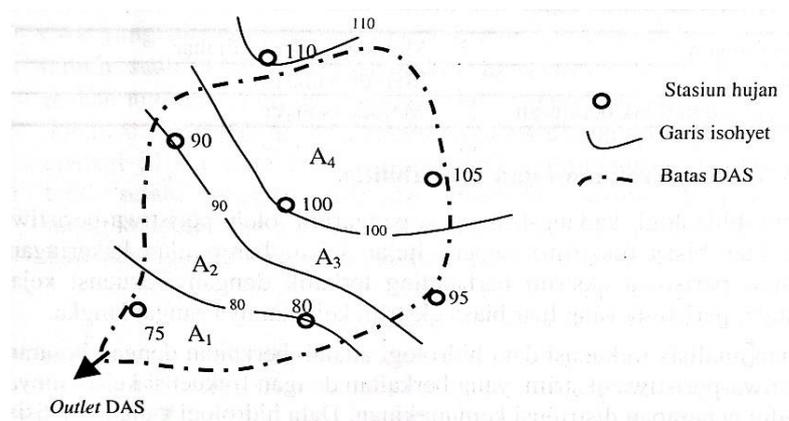
$$\bar{P} = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \quad (2.3)$$

Keterangan:

\bar{P} = hujan rerata kawasan

P_n = hujan di stasiun 1, 2, ..., n

A_n = luas areal poligon 1, 2, ..., n



Gambar 2.3 Metode Isohyet
(Suripin, 2004)

2.5.2 Pemilihan Metode Hujan Kawasan

Ketiga metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan kawasan mempunyai berbagai kelemahan dan kekurangan. Pemilihan metode yang tepat pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut:

1. Jaring-jaring pos penakan hujan dalam DAS
2. Luas DAS
3. Topografi DAS

Tabel 2.1 Metode Berdasarkan Luas DAS

DAS besar ($> 5000 \text{ km}^2$)	Metode Isohyet
DAS sedang (500 s.d 5000 km^2)	Metode Poligon Thiessen
DAS kecil ($< 500 \text{ km}^2$)	Metode Rata-rata Aljabar

(Sumber: Suripin, 2004)

2.5.3 Analisa Frekuensi

Frekuensi merupakan jumlah kejadian dari sebuah varian, dengan analisis frekuensi akan diperkirakan interval kejadian tertentu, seperti 10 tahunan, 100 tahunan atau 1000 tahunan (Lashari, n.d.). Proses perhitungan hidrologi, analisa frekuensi hujan diperlukan dalam merencanakan kejadian banjir pada debit maksimum secara jangka panjang dan terus menerus (Erna Tri Asmorowati et al., 2021).

Parameter statistik pada analisa frekuensi meliputi nilai rata-rata, simpangan baku, koefisien varian, koefisien *skewness*, koefisien kurtosis. Kemudian penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi (Erna Tri Asmorowati et al., 2021). Syarat distribusi dengan ketentuan koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k) pada distribusi frekuensi yang akan digunakan, berikut tabel yang berhubungan dengan C_s dan C_k .

Tabel 2.2 Karakteristik Distribusi Frekuensi

No	Distirbusi Frekuensi	Syarat Distribusi	
		C_s	C_k
1	Normal	0	3
2	Log Normal	$Cv^3 + 3Cv$	$Cv^8 + 6Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$
3	Gumbel	1,14	5,4
5	Log Person Type III	Selain nilai di atas	

1. Metode Normal

Metode normal juga dikenal dengan Metode *Gauss* yang sering digunakan untuk analisa frekuensi hujan harian maksimum, dan rumus yang digunakan pada metode ini adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad (2.4)$$

Keterangan:

X_t = Hujan maksimum dalam periode ulang T tahun

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung varian

S = Standar Deviasi atau simpangan baku

K_T = faktor reduksi Gauss

Nilai faktor reduksi *gauss* yang didapat untuk mempertimbangkan nilai variabel yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1	1.001	0.999	-3.050
2	1.005	0.995	-2.580
3	1.010	0.990	-2.330
4	1.050	0.950	-1.640
5	1.110	0.900	-1.280
6	1.250	0.800	-0.840
7	1.330	0.750	-0,670
8	1.430	0.700	-0.520
9	1.670	0.600	-0.250
10	2.000	0.500	0.000
11	2.500	0.400	0.250
12	3.330	0.300	0.520
13	4.000	0.250	0.670
14	5.000	0.200	0.840
15	10.000	0,100	1.280
16	20.000	0.050	1.620
17	50.000	0.020	2.050

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
18	100.000	0.010	2.330
19	200.000	0.005	2.580
20	500.000	0.002	2.880
21	1.000.000	0,001	3.090

(Sumber: Suripin, 2004)

2. Metode Log Normal

Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal (Suripin, 2004). Perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini:

$$Y = \text{Log}X \quad (2.5)$$

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (2.6)$$

Keterangan:

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

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

3. Metode Gumbel

Distribusi Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda. Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Gumbel dengan rumus-rumus berikut:

$$X_T = \bar{x} + S \times K \quad (2.7)$$

Keterangan:

X_T = Hujan rencana atau debit dengan periode ulang T

\bar{x} = Nilai rata-rata dari data hujan (X)

S = Standar Deviasi (simpangan baku) dari data hujan (X)

K = Faktor probabilitas

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{T_r} - Y_n}{S_n} \quad (2.8)$$

Keterangan:

Y_n = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n

S_n = *reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n

Y_{T_r} = *Reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini

$$Y_{T_r} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (2.9)$$

Tabel 2.4 *Reduce Mean, Yn*

U	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.495	0.499	0.503	0.507	0.51	0.51	0.513	0.52	0.522	0.522
20	0.523	0.523	0.526	0.528	0.53	0.53	0.532	0.533	0.535	0.535
30	0.536	0.537	0.538	0.538	0.54	0.54	0.541	0.541	0.543	0.543
40	0.543	0.544	0.544	0.545	0.546	0.546	0.546	0.547	0.548	0.548
50	0.546	0.549	0.549	0.549	0.55	0.5	0.55	0.551	0.551	0.551
60	0.532	0.552	0.552	0.553	0.553	0.553	0.553	0.554	0.554	0.554
70	0.534	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.556	0.556	0.556
80	0.536	0.557	0.557	0.557	0.557	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558
90	0.558	0.558	0.558	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559
100	0.56	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.561	0.5611
1000	0.575									

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2.5 *Reduced Standard Deviation, Sn*

U	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.949	0.937	0.988	0.997	1.009	1.02	1.103	1.041	1.049	1.036
20	1.062	1.069	1.073	1.081	1.086	1.091	1.096	1.1	1.104	1.108
30	1.112	1.113	1.119	1.122	1.125	1.128	1.131	1.133	1.136	1.138
40	1.141	1.143	1.145	1.148	1.149	1.157	1.153	1.155	1.137	1.139
50	1.16	1.162	1.163	1.163	1.166	1.168	1.169	1.17	1.172	1.173
60	1.174	1.175	1.177	1.177	1.179	1.18	1.184	1.182	1.183	1.184
70	1.185	1.186	1.186	1.187	1.189	1.19	1.196	1.191	1.192	1.193
80	1.194	1.194	1.195	1.195	1.197	1.197	1.198	1.199	1.199	1.2
90	1.201	1.201	1.202	1.202	1.203	1.204	1.204	1.205	1.205	1.206
100	1.207	1.207	1.207	1.208	1.208	1.208	1.209	1.209	1.209	1.21
1000	1.27									

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2.6 *Reduced Variate*, Y_{TR} Sebagai Fungsi Periode Ulang

Periode Ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Y_{TR}	Periode Ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Y_{TR}
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

4. Metode Distribusi Log Person Type III

Salah satu distribusi yang dikembangkan Pearson yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log Person Type III. Tiga parameter penting dalam Log Person Type III diantaranya:

1. Harga rata-rata
2. Simpangan baku/ Standar Deviasi
3. Koefisien Kemencengan (*skewness*)

Adapun langkah-langkah penggunaan distribusi ini adalah sebagai berikut:

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis

$$X = \text{Log } X \quad (2.10)$$

2. Hitung harga rata-rata dengan rumus

$$\log \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (2.11)$$

3. Hitung harga simpangan baku dengan rumus

$$s = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{0,5} \quad (2.12)$$

4. Hitung koefisien kemencengan dengan rumus

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{x})^3}{(n - 1)(n - 2)s^3} \quad (2.13)$$

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus:

$$\log X_T = \log \bar{x} + K \cdot s \quad (2.14)$$

Dimana K adalah variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan atau *Skewness*.

Tabel 2.7 Nilai K_T Metode Log Person Type III

No.	Koefisien <i>Skewness</i>	Periode Ulang (tahun)						
		2	5	10	20	25	50	100
1	3	-0.396	0.42	1.18	2.003	2.278	3.152	4.501
2	2.8	-0.384	0.46	1.21	2.009	2.275	3.114	3.973
3	2.6	-0.368	0.499	1.238	2.013	2.267	3.071	3.889
4	2.4	-0.351	0.537	1.262	2.011	2.256	3.023	3.8
5	2.2	-0.333	0.574	1.264	2.006	2.24	2.97	3.705
6	2	-0.307	0.609	1.302	1.996	2.219	2.912	3.605
7	1.8	-0.282	0.643	1.318	1.981	2.193	2.848	3.499
8	1.6	-0.254	0.675	1.329	1.962	2.163	2.78	3.388
9	1.4	-0.225	0.705	1.337	1.938	2.128	2.706	3.271
10	1.2	-0.195	0.732	1.34	1.91	2.087	2.626	3.149
11	1	-0.164	0.758	1.34	1.877	2.043	2.542	3.022
12	0.8	-0.132	0.78	1.336	1.839	1.993	2.453	2.891
13	0.6	-0.099	0.8	1.328	1.797	1.939	2.359	2.755
14	0.4	-0.066	0.816	1.317	1.75	1.88	2.261	2.615
15	0.2	-0.033	0.83	1.301	1.7	1.818	2.159	2.472
16	0	0	0.842	1.282	1.645	1.751	2.054	2.326
17	-0.2	0.033	0.85	1.258	1.586	1.68	1.945	2.178
18	-0.4	0.066	0.855	1.231	1.524	1.606	1.834	2.029
19	-0.6	0.099	0.857	1.2	1.458	1.528	1.72	1.88
20	-0.8	0.132	0.856	1.166	1.389	1.448	1.733	1.733
21	-1	0.164	0.852	1.128	1.317	1.366	1.492	1.588
22	-1.2	0.195	0.844	1.086	1.243	1.282	1.379	1.449
23	-1.4	0.225	0.832	1.041	1.168	1.198	1.27	1.318
24	-1.6	0.254	0.817	0.994	1.049	1.116	1.197	1.197
25	-1.8	0.282	0.799	0.945	1.019	1.035	1.069	1.087
26	-2	0.307	0.777	0.895	0.949	0.959	0.98	0.99
27	-2.2	0.333	0.725	0.884	0.882	0.888	0.9	0.905
28	-2.4	0.351	0.725	0.795	0.819	0.823	0.83	0.832
29	-2.6	0.368	0.969	0.747	0.762	0.764	0.768	0.769
30	-2.8	0.384	0.384	0.666	0.702	0.711	0.712	0.714

No.	Koefisien <i>Skewness</i>	Periode Ulang (tahun)						
		2	5	10	20	25	50	100
31	-3.0	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.666	0.667

(Sumber: Suripin, 2004)

2.5.4 Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi

Penentuan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi frekuensi teoritis yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi empiris (Erna Tri Asmorowati et al., 2021). Pengujian ini dilakukan terhadap data curah hujan dengan memperhitungan frekuensi terjadinya hujan.

1. Uji Chi-Kuadrat

Uji distribusi data curah hujan yang dianggap paling mudah perhitungannya untuk menguji peluang curah hujan adalah metode chi kuadrat tes (*Chi Square Test*). Uji Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang dapat mewakili dari distribusi sampel data analisis (Erna Tri Asmorowati et al., 2021).

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.15)$$

Keterangan:

χ_h^2 = Harga chi-kuadrat

O_i = Jumlah data yang teramati terdapat pada sub kelompok ke-i

E_i = Jumlah data yang secara teoritis terdapat pada sub kelompok ke-i

G = Jumlah sub kelompok

Langkah-langkah untuk menghitung menggunakan metode uji Kecocokan Chi-Kuadrat adalah:

- 1) Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub-kelompok, tiap-tiap sub-kelompok minimal terdapat 4 data pengamatan.
- 3) Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub-kelompok.
- 4) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
- 5) Jumlah seluruh G sub-kelompok nilai untuk menentukan nilai Chi-Kuadrat.
- 6) Tentukan derajat kebebasan.

Parameter Xh^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai Xh^2 sama atau lebih kecil dari pada nilai Chi-Kuadrat yang sebenarnya (X^2). Dapat dilihat pada Tabel 2.8 sebagai berikut (Suripin, 2004).

Tabel 2.8 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat

Tabel derajat kepercayaan								
dk	α (derajat kepercayaan)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000039	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	9,21	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	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,388	29,819
14	4,075	4,66	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	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	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	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
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	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672

(Sumber: Suripin, 2004)

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Metode uji Smirnov-Kolmogorov mencakup perbandingan antara probabilitas kumulatif lapangan dan distribusi kumulatif fungsi yang ditinjau. Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Adapun prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut
- 2) Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)
- 3) Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih (D_0) terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis,

Tabel 2.9 Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	<i>Level of Significance (a)</i>			
	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	0.18	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,14}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$

(Sumber: Suripin, 2004)

2.5.5 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan ketinggian atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Semakin singkat intensitas hujan maka waktu yang diperlukan semakin lama. Sebaliknya semakin lama intensitas hujan, maka waktu yang diperlukan semakin pendek (Erna Tri Asmorowati et al., 2021). Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas – Durasi – Frekuensi ($IDF = Intensity - Duration - Frequency Curve$). Diperlukan

data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit untuk membentuk lengkung IDF.

Rumus umum intensitas curah hujan adalah:

$$I_t = \frac{R_t}{t} \quad (2.16)$$

Keterangan:

I_t = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_t = Jumlah hujan (mm)

t = Waktu hujan (jam)

Sedangkan hujan yang turun selama 5 menit sampai 2 jam metode yang dapat digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan adalah:

1. Rumus Talbot (1881)

Rumus Talbot banyak digunakan karena mudah diterapkan dimana tetapan-tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga yang diukur.

$$I = \frac{a}{t + b} \quad (2.17)$$

Keterangan:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a & b = konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi

2. Rumus Sherman (1905)

Rumus Sherman biasanya digunakan dan cocok untuk hujan yang lamanya lebih dari dua jam. Perhitungan untuk metode ini menggunakan rumus sebagai berikut.

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (2.18)$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Waktu Hujan (jam)

n = Konstanta

3. Rumus Ishiguro (1953)

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \quad (2.19)$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Waktu Hujan (jam)

a & b = konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi

Ketiga metode perhitungan intensitas hujan diatas, dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan deviasi antara nilai intensitas hujan, untuk durasi dan periode ulang antara nilai intensitas hujan, untuk durasi dan periode ulang yang sama.

4. Rumus Mononobe

Apabila data hujan yang tersedia hanyalah data hujan harian, maka dapat menggunakan rumus Mononobe (Erna Tri Asmorowati et al., 2021).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.20)$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan (jam)

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

2.6 Debit Banjir Rancangan

Limpasan banjir rencana dihitung berdasarkan rasio curah hujan terhadap limpasan. Salah satu cara untuk menentukan aliran banjir rencana adalah dengan metode rasional (Nurzanah et al., 2022). Data yang diperlukan antara lain luas Daerah Tangkapan Air (DTA), intensitas hujan selama waktu konsentrasi dan nilai koefisien limpasan.

Metode Rasional merupakan metode yang sering digunakan untuk menganalisis debit banjir dengan daerah tangkapan air yang relatif sempit. Metode ini hanya digunakan pada daerah pengalir yang kecil atau sekitar 500 ha. Standar perencanaan saluran drainase dapat mengacu pada tabel berikut.

Tabel 2.10 Standar Perencanaan Saluran Drainase

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (Tahun)	Metode Perhitungan Debit Banjir
<10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional

101-500	5-50	Rasional
>500	10-25	Hidrograf Satuan

(Sumber: Suripin, 2004)

Metode rasional ini sangat mudah digunakan namun terbatas pada daerah tangkapan air dengan ukuran kecil. Berikut rumus metode rasional.

$$Q = 0.00278 \times C \times I \times A \quad (2.21)$$

Keterangan:

Q = debit aliran air limpasan (m³/detik)

C = koefisien *runoff*

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

0.00278 = konstanta

2.6.1 Koefisien Limpasan (*Runoff*)

Koefisien limpasan untuk drainase perkotaan sangat dipengaruhi oleh daerah kedap air. Koefisien tersebut merupakan kombinasi tiga faktor yaitu topografi datar, bergelombang, dan berbukit. Dua kategori tata guna lahan dan tiga tekstur tanah (Erna Tri Asmorowati et al., 2021).

Tabel 2.11 Koefisien Limpasan dan Persentase Kedap Air Tata Guna Lahan

Tata guna lahan	Karakteristik	C	Im (%)	Keterangan
Pusat perbelanjaan dan perkantoran		0.90	100	
Industri	Bangunan Penuh	0.80	80	Berkurang untuk bangunan tidak penuh.
Pemukiman (kepadatan menengah-tinggi)	20 rmh/ha	0.48	30	Bandingkan daerah kedap air dengan daerah lain
	30 rmh/ha	0.55	40	
	40 rmh/ha	0.65	60	
	60 rmh/ha	0.75	75	
Permukiman (kepadatan rendah)	10 rmh/ha	0.40	<20	CN=85 (Curve Number)
Taman	Daerah datar	0.30	0	

Tata guna lahan	Karakteristik	C	Im (%)	Keterangan
Pedesaan	Tanah berpasir		0	C = 020; CN = 60
	Tanah berat (<i>heavy soil</i>)		0	C = 0.35; CN = 75
	Daerah irigasi		0	C = 0.50; CN = 85

(Sumber: Badan Standarisasi Nasional 2016)

Tabel 2.12 Nilai Koefisien Limpasan Berdasarkan Tata Guna Lahan

Karakteristik Tanah	Tata Guna Lahan	Koefisien Limpasan I
Campuran pasir dan/atau campuran kerikil	Pertanian	0,20
	Padang rumput	0,15
	Hutan	0,10
Geluh dan sejenisnya	Pertanian	0,40
	Padang rumput	0,35
	Hutan	0,30
Lempung dan sejenisnya	Pertanian	0,50
	Padang rumput	0,45
	Hutan	0,40

(Sumber: Badan Standarisasi Nasional 2016)

Tabel 2.13 Nilai Koefisien Limpasan

Jenis Daerah	Koefisien Aliran	Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran	
Daerah Perdagangan Kota Sekitaran kota	0,70-0,95 0,50-0,70	Jalan Aspal	0,70-0,95 0,70-0,85	
		Aspal dan Beton		
		Batu bata dan batako		
Daerah Pemukiman Satu Rumah Banyak Rumah, terpisah Banyak rumah, rapat Pemukiman, pinggiran kota Apartemen	0,30-0,50 0,40-0,60 0,60-0,75 0,25-0,40 0,50-0,70	Atap Rumah	0,70-0,95	
		Halaman berumput, tanah pasir	Datar, 2%	0,05-0,10
			Rata-rata 2-7%	0,10-0,15
			Curam, 7% atau lebih	0,15-0,20
Daerah industri Ringan Padat	0,50-0,80 0,60-0,90	Halaman berumput, tanah pasir padat	0,13-0,17 0,18-0,22 0,25-0,35	
		Datar 2%		
		Rata-rata, 2-7% Curam, 7% atau lebih		

Jenis Daerah	Koefisien Aliran	Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran
Lapangan, kuburan dan sejenisnya	0,10-0,25		
Halaman, jalan kerta api dan sejenisnya	0,20-0,35		
Lahan tidak dipelihara	0,10-0,30		

(Sumber: Standarisasi Nasional 2016)

2.6.2 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu aliran. Waktu konsentrasi dibagi atas 2 bagian:

- Inlet time* (t_0) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
- Conduit time* (t_d) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

Rumus waktu konsentrasi yang digunakan, sebagai berikut:

$$t_c = t_0 + t_d \quad (2.22)$$

Dimana t_0 dapat dihitung

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3.28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \quad (2.23)$$

Dan t_d dapat dihitung

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \quad (2.24)$$

Keterangan:

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)

Kecepatan rata-rata dapat dipertimbangkan dari nilai kemiringan rata-rata, seperti yang disajikan pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Kemiringan Rata-rata terhadap Kecepatan Rata-rata

Kemiringan Rata-rata (%)	Kecepatan Rata-rata (m/det)
<1	0,4
1 sampai <2	0,6
2 sampai <4	0,9
4 sampai <6	1,2
6 sampai 10	1,5
10 sampai <15	2,4

(Sumber: Halim Hasmar, 2011)

2.6.3 Intensitas Hujan

Intensitas hujan mempunyai pengaruh terhadap limpasan permukaan yang sangat bergantung pada laju infiltrasi, maka akan terjadi limpasan permukaan sejalan dengan peningkatan intensitas curah hujan. Namun, peningkatan limpasan permukaan tidak selalu sebanding dengan meningkatnya intensitas hujan dikarenakan adanya genangan yang terjadi dipermukaan tanah (Suripin, 2004). Debit maupun volume limpasan sangat berpengaruh pada intensitas hujan.

2.6.4 Luas Daerah Pengaliran

Jika semua faktor termasuk besarnya curah hujan, intensitas curah hujan dan lain-lain itu tetap, maka limpasan yang dinyatakan dengan dalamnya air rata-rata selalu sama, dan tidak tergantung dari luas daerah pengaliran (Erna Tri Asmorowati et al., 2021). Makin besar daerah pengaliran, maka makin lama limpasan mencapai tempat titik pengukuran. Maka panjang dasar hidrograf debit banjir menjadi lebih besar dan debit puncaknya berkurang.

2.7 Analisis Hidrolika

Dalam sistem drainase, saluran memegang peranan penting dalam menyalurkan air hujan maupun air limbah yang akan dibuang ke saluran pembawa utama atau sungai (Erna Tri Asmorowati et al., 2021). Analisis hidrologi merupakan lanjutan dari analisis hidrolika yang khususnya akan menghasilkan penentuan dimensi saluran berdasarkan debit banjir rancangan. Analisis hidrolika terdapat 3 cara tahap analisis, yaitu analisis terhadap kapasitas maksimum saluran drainase eksisting, evaluasi kapasitas saluran terhadap debit rancangan dan evaluasi tinggi dan kemiringan saluran yang ideal berdasarkan kapasitas atau volume air yang masuk.

2.7.1 Bentuk saluran

Penampang saluran terbuka dapat dibedakan menjadi saluran alamiah dan buatan. Sifat-sifat suatu penampang aliran dapat diuraikan seluruhnya berdasarkan geometri saluran dan kedalaman aliran. Penampang saluran buatan yang berbentuk sederhana dapat dinyatakan dengan cara matematik menurut kedalaman aliran dan dimensi lainnya dari penampang tersebut (Erna Tri Asmorowati et al., 2021). Secara umum debit yang mampu dibawa oleh saluran drainase dapat didekati dengan menggunakan persamaan Manning.

$$Q_{\text{sal}} = V_{\text{sal}} \cdot A_{\text{sal}} \quad (2.25)$$

$$V_{\text{sal}} = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot S_{\text{sal}}^{0,5} \quad (2.26)$$

Keterangan:

Q_{sal} = Debit pada saluran (m^3/det)

V_{sal} = Kecepatan aliran di saluran (m/det)

A_{sat} = Luas penampang basah (m^2)

n = Koefisien kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis (m)

S_{sal} = Kemiringan dasar saluran

Tabel 2.15 Tipikal Harga Koefisien Manning (n) yang Sering Digunakan

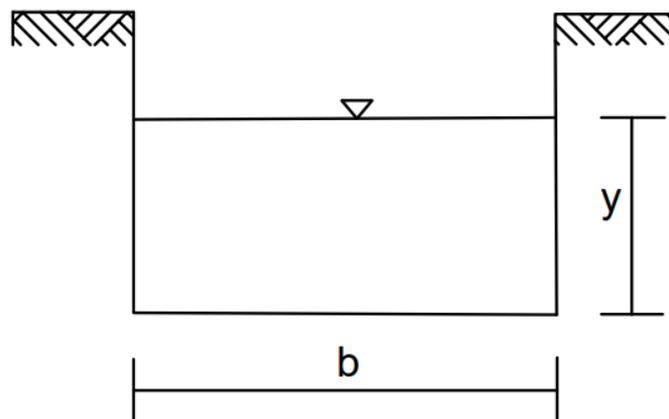
No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
I	Saluran Buatan				
1.	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2.	Saluran tanah, yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3.	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,023	0,030	0,033	0,035
4.	Saluran pada dinding buatan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5.	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7.	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
II	Saluran alam				
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
9.	Seperti No. 8, tapi ada tumbuhan, atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10.	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding, pasir	0,033	0,035	0,040	0,045
11.	Seperti No. 10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,45	0,050	0,055
12.	Seperti No. 10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13.	Seperti No.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14.	Aliran pelan, banyak tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15.	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
III	Saluran Buatan, Beton atau Batu Kali				
16.	Saluran pasangan batu, tanpa <i>finishing</i>	0,025	0,030	0,033	0,035
17.	Seperti No. 16, tapi dengan <i>finishing</i>	0,017	0,020	0,025	0,030
18.	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19.	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2005)

Beberapa bentuk penampang saluran persamaan untuk unsur-unsur geometriknya, sebagai berikut.

1. Penampang Persegi



Gambar 2.4 Saluran Bentuk Persegi

Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan kedalaman air h seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4, luas penampang basah A dan keliling basah P dapat dituliskan sebagai berikut:

- Luas penampang basah (A)

$$A = b \times y \quad (2.27)$$

- Keliling Basah (P)

$$P = b + 2y \quad (2.28)$$

- Jari-jari Hidrolik

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.29)$$

- Kecepatan Aliran (V)

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

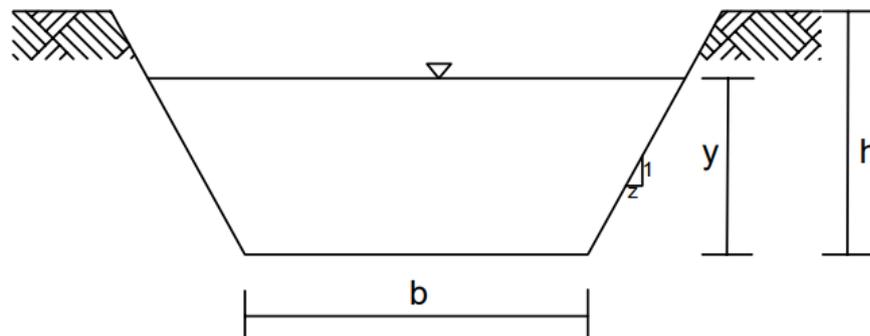
- Debit Aliran (Q)

$$Q = A \times V \quad (2.31)$$

- Tinggi jagaan (w)

$$w = \sqrt{0,5 \times y} \quad (2.32)$$

2. Bentuk trapesium



Gambar 2.5 Saluran Bentuk Trapesium

Luas penampang melintang A, keliling basah P, saluran dengan penampang melintang yang terbentuk trapesium dengan lebar dasar B, kedalaman aliran-aliran h dan kemiringan dinding 1 m, maka:

- Luas penampang basah (A)

$$A = (b + zy)y \quad (2.33)$$

- Keliling Basah (P)

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \quad (2.34)$$

- Jari-jari Hidrolik

$$R = \frac{(b + zh)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \quad (2.35)$$

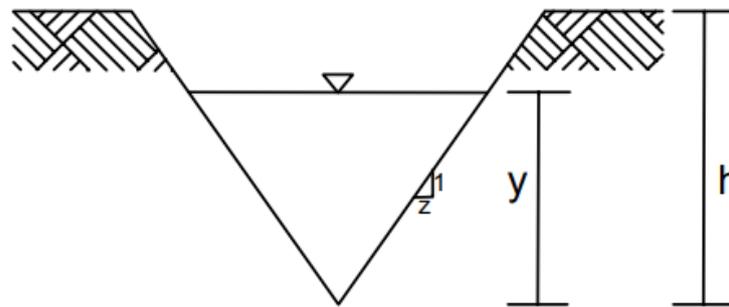
- Lebar puncak (T)

$$T = b + 2zy \quad (2.36)$$

- Faktor penampang (z)

$$z = \frac{(b + zy)y^{1.5}}{\sqrt{b + 2zy}} \quad (2.37)$$

3. Bentuk Segitiga



Gambar 2.6 Saluran Bentuk Segitiga

Saluran drainase bentuk segitiga tidak banyak membutuhkan ruang sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini, saluran harus dari pasangan. Bentuk ini juga berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

- Luas penampang basah (A)

$$A = zy^2 \quad (2.38)$$

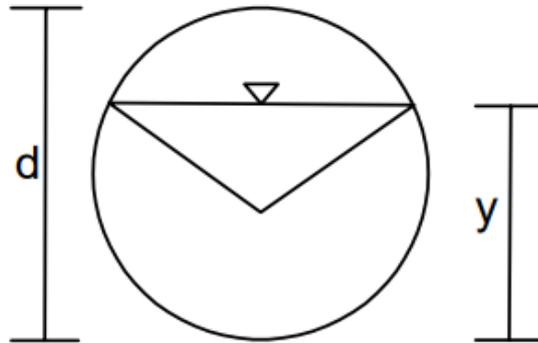
- Keliling Basah (P)

$$P = zy\sqrt{1 + y^2} \quad (2.39)$$

- Jari-jari Hidrolik

$$R = \frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}} \quad (2.40)$$

4. Bentuk Lingkaran

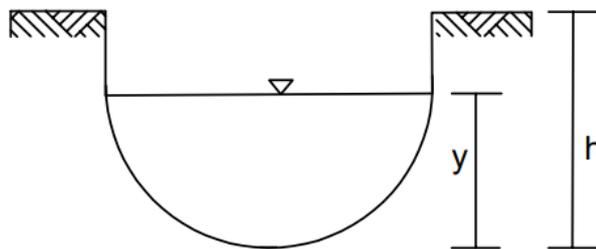


Gambar 2.7 Saluran Bentuk Lingkaran

Lingkaran berfungsi untuk menyalurkan air bersih, limbah dan air hujan. Pada penggunaannya biasanya untuk gorong-gorong atau pipa distribusi air bersih.

5. Bentuk Setengah Lingkaran

Berfungsi untuk menyalurkan limbah air hujan dengan debit kecil.



Gambar 2.8 Saluran Bentuk Setengah Lingkaran

2.7.2 Kapasitas Pengaliran

Analisis dan pemodelan sistem drainase menggunakan program EPA SWMM 5.2. pada kawasan Mitra Batik Kota Tasikmalaya dipakai debit banjir rancangan hasil perhitungan dengan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, dan 1000 tahun.

2.7.3 Kapasitas Saluran

Besarnya kapasitas saluran drainase ditentukan berdasarkan dimensi saluran pada peta jaringan drainase. Kapasitas saluran dapat dihitung dengan rumus kontinuitas sebagai berikut.

$$Q = V \times A \quad (2.41)$$

Keterangan:

Q = debit aliran (m³/detik)

A = luas penampang saluran (m²)

V = kecepatan aliran (m/detik)

2.7.4 Kecepatan Aliran

Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar konstruksi saluran tetap aman dan tidak menimbulkan endapan dalam saluran. Umumnya di lapangan kecepatan sebesar 0,60 – 0,90 m/dt dengan catatan dapat digunakan dengan aman apabila persentase lumpur yang ada di air cukup kecil. Kecepatan aliran 0,75 m/dt dapat mencegah pengendapan sedimentasi dan berkembangnya tumbuhan-tumbuhan yang dapat memperkecil daya alir saluran.

Tabel 2.16 Kecepatan yang Diizinkan Sesuai Jenis Materialnya

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air Diizinkan
Pasir halus	0.45
lempung kepasiran	0.50
Lanau alluvial	0.60
Kerikil halus	0.75
Lempung kokoh	0.75
Lempung padat	1.10
Kerikil kasar	1.20
Batu-batu besar	1.50
Pasangan bata	1.50
Beton	1.50
Beton bertulang	1.50

(Sumber: Halim Hasmar, 2011)

Perhitungan kecepatan aliran pada aliran terbuka menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2.42)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolik

S = Kemiringan memanjang saluran

Adapun kemiringan yang rata-rata saluran terhadap kecepatan rata-rata disajikan pada

Tabel 2.17 Kemiringan rata-rata Saluran Terhadap Kecepatan Rata-rata

No	Kemiringan rata-rata saluran (%)	Kecepatan rata-rata (m/detik)
1.	<1	0,4
2.	$1 < X < 2$	0,6
3.	$2 < X < 4$	0,9
4.	$4 < X < 6$	1,2
5.	$6 < X < 10$	1,5
6.	$10 < X < 15$	2,4

(Sumber: Halim Hasmar, 2011)

2.7.5 Kemiringan Dasar dan Dinding Saluran

Kemiringan dasar saluran adalah kemiringan saluran arah memanjang yang umumnya dipengaruhi oleh kondisi topografi. Kemiringan dinding saluran disajikan pada tabel dibawah (Erna Tri Asmorowati et al., 2021).

Tabel 2.18 Kemiringan Dinding Saluran Sesuai Berbagai Jenis Bahan

Bahan Saluran	Kemiringan Dinding
Batuan	Mendekati vertical
Tanah lumpur	0,25: 1
Lempung keras/ tanah dengan lapisa beton	(0,25 – 1):1
Tanah dengan pasangan batu/ tanah untuk saluran besar	1:1
Lempung/tanah untuk saluran-saluran kecil	1,5:1
Tanah berpasir lepas	2:1
Lumpur berpasir/lempung poros	3:1

(Sumber: (Erna Tri Asmorowati et al., 2021)

2.7.6 Tinggi Jagaan

Jagaan direncanakan untuk mencegah peluapan air akibat gelombang serta fluktuasi permukaan air. Jagaan direncanakan antar 5% - 30% lebih dari dalamnya aliran (Erna Tri Asmorowati et al., 2021). Tinggi jagaan untuk saluran terbuka dengan permukaan diperkeras ditentukan berdasarkan pertimbangan, ukuran saluran, kecepatan aliran, arah belokan saluran dan debit banjir.

Tinggi *freeboard* biasanya diambil antar 0,15 – 0,60 m dan tinggi timbunan tanah di atas puncak perkerasa (*lining*) saluran, umumnya diambil antara 0,30 – 0,60 m (Erna Tri Asmorowati et al., 2021).

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \quad (2.43)$$

Keterangan:

W = Tinggi jagaan (m)

h = Tinggi muka air (m)

Tabel 2.19 Kemiringan Saluran Berdasarkan Jenis Material

Jenis Material	Kemiringan Dinding Saluran (%)
Tanah Asli	0 – 5,0
Kerikil	5,0 – 7,5
Pasangan	7,5

(Sumber: (Erna Tri Asmorowati et al., 2021))

2.8 Komponen dan Parameter EPA SWMM 5.2

Environmental Protection Agency Storm Water Management Model 5.2 (EPA SWMM 5.2) merupakan pemodelan yang digunakan untuk merencanakan, menganalisis dan mendesain suatu model yang berhubungan dengan limpasan air hujan dan sistem drainase perkotaan. SWMM adalah model simulasi dinamis hubungan antara curah hujan dan limpasan (*rainfall-runoff*).

Kegunaan program SWMM ini diantaranya sebagai perencanaan dan dimensi jaringan pembuang untuk mengendalikan banjir serta perencanaan daerah penahan sementara untuk pengendalian banjir. Parameter yang diinputkan dan diperlukan pada simulasi yaitu sebagai berikut:

1. *Rain Gages*

SWMM menggunakan objek *rain gage* untuk menampilkan input data ke sistem. *Rain gage* menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subcatchment area* pada studi wilayah.

- a. *Rain Format* : Data hujan yang di *input* berupa intensitas atau kumulatif
- b. *Rain Interval* : Interval waktu pengamatan antara pembacaan *gage*
- c. *Data Source* : Sumber data hujan dapat berupa *time series* atau *file external*

2. Daerah Tangkapan Air (*subcatchment*)

Subcatchment adalah unit hidrologi dari tanah dimana topografi dan elemen sistem drainase menunjukkan permukaan limpasan pada satu titik pelepasan. Data yang diperlukan diantaranya *rain gage*, *outlet*, luas, lebar, % lahan kedap air, % kemiringan *subcatchment*, N-Imperv dan N-Pervious serta metode infilltrasi. Parameter yang dimasukkan dalam *subcatchment* adalah sebagai berikut:

- a. Luas (*Area*) : Luas *subcatchment*.
- b. Lebar (*Widht*) : Panjang aliran.
- c. Kemiringan (% *slope*) : Persentase kemiringan *subcatchment*.
- d. % kedap air (% *Impervious*) : Persentase area tanah yang *impervious*.
- e. *Manning* kedap air (*N-Imperv*) : Nilai *n manning* untuk aliran permukaan di daerah *impervious*.
- f. *Manning* tidak kedap air (*N-Perv*) : Nilai *n manning* untuk aliran permukaan di daerah *pervious*.
- g. Kedap air absolut (% *Zero-Imperv*) : Persentase dari *impervious* area tanpa *depressiom storage*.
- h. *Infiltration Model* : Pilihan untuk metode perhitungan ilfiltrasi dan parameternya
- i. *Rain gage* : Berkaitan dengan *subcatchment*.
- j. *Outlet* : Menerima *runoff subcatchment*.

Tinggi genangan pada EPA SWMM atau limpasan hujan pada masing-masing *subcatchment* menggunakan konsep yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$D_1 = D_t + R_t \quad (2.44)$$

Keterangan:

D_1 = Kedalaman air setelah terjadi hujan (mm)

D_t = Kedalaman air pada subdas pada saat waktu t (mm)

R_t = Intensitas hujan pada interval waktu t (mm/jam)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk memperhitungkan harga infiltrasi dalam simulasi menggunakan metode *SCS Curve Number*. Metode ini mengasumsikan bahwa infiltrasi tanah yang terjadi didapatkan melalui pemilihan jenis tata guna lahan.

Tabel 2.20 Harga Infiltrasi dari Berbagai Jenis Tanah

No	Pengertian	Infiltrasi Min
A	Potensi limpasan yang rendah, tanah mempunyai Tingkat infiltrasi yang tinggi meskipun ketika tergenang dan kedalaman genangan yang tinggi, pengeringan/ penyerapan baik untuk pasir dan batuan	$\geq 0,45$
B	Tanah mempunyai Tingkat infiltrasi biasa/ medium/ Tengah-tengah etika tergenang dan mempunyai Tingkat dengan keadaa biasa ke baik didapat dari <i>moderately to moderately coarse</i>	0,30 – 0,15
C	Tanah mempunyai Tingkat infiltrasi rendah jika lapisan tanah untuk pengaliran air dengan Tingkat <i>texture</i> bisa ke <i>texture</i> baik. Contoh lempung, pasir berlanau	0,15 – 0,05
D	Potensi limpasan yang tinggi mempunyai Tingkat infiltrasi rendah ketika terfenang tanah lempung dengan potensi <i>sweeling</i> yang tinggi, tanah dengan ketinggian air tanah yang tinggi, tanah dengan lapisan lempung dekat dengan permukaan dan <i>shallow</i> yang berdekatan dengan material yang kedap air	0,05 – 0,00

(Sumber: SWMM User's Manual Book, 2010)

Tabel 2.21 Klasifikasi Besarnya Laju Infiltrasi

Kelas	Klasifikasi	Laju Infiltrasi (mm/jam)
0	Sangat Lambat	<1
1	Lambat	1 – 5
2	Agak Lambat	5 – 20
3	Sedang	20 – 63
4	Agak Cepat	63 – 127
5	Cepat	127 – 254
6	Sangat Cepat	>254

(Sumber: SWMM User's Manual Book, 2010)

3. Junction/Node

Junction dapat menimbulkan pertemuan dari saluran permukaan alami, lubang got dari sistem pembuangan atau pipa penghubung. Data yang diperluka diantaranya elevasi dan kedalaman maksimum. *Junction* atau *node* adalah unit yang dimodelkan sebagai penerima *inflow* dan limpasan dari *subcatchment*. Parameter yang dimasukkan yaitu sebagai berikut:

- a. *Node Invert*
 - b. *Node Max Depth*
 - c. *Node Pounded Area*
 - d. *Conduit Length*
 - e. *Conduit Geometry*
 - f. *Conduit Roughness*
 - g. *Flow Units*
 - h. *Link offset*
 - i. *Routing Method*
4. *Conduit/Links*

Conduits merupakan saluran yang menghubungkan antara *junction* satu dengan *junction* lainnya atau dari *junction* ke *outfall*. Parameter yang dimasukkan adalah:

- a. Bentuk Saluran
 - b. Kedalaman maksimum saluran
 - c. Panjang saluran, angka kekasaran atau angka Manning. Besarnya angka manning tergantung dari jenis bahan yang digunakan pada saluran.
5. *Outfalls*

Outfalls Node adalah titik pemberhentian dari sistem drainase yang menentukan batas hilir. *Outfall* ini hanya dihubungkan oleh satu link. Parameter yang dimasukkan adalah:

- a. *Invert Elevation*
- b. *Tide Gate*
- c. *Fixed Stage*