

2. LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian yang Terdahulu

Dalam analisis saluran drainase ini, ada beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan masalah yang akan dibahas. Penelitian-penelitian sebelumnya tersebut akan digunakan sebagai referensi bagi pembuatan tugas akhir ini. Beberapa dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1

Penelitian Terhadulu

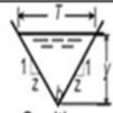
No	Judul Penelitian	Peneliti	Kesimpulan
1	PERENCANAAN ULANG DRAINASE PERKOTAAN BERWAWASAN LINGKUGAN PADA KAWASAN JALAN KETINTANG MADYA KOTA SURABAYA	Faris Hasbi Ahmad, Agus Suhardono, Ikrar Hanggara (2023)	Metode perhitungan dalam penelitian dapat digunakan sebagai referensi perhitungan curah hujan dan kapasitas saluran eksisting.
2	PEMILIHAN DISTRIBUSI PROBABILITAS PADA ANALISA HUJAN DENGAN METODE GOODNESS OF FIT TEST	Togani Cahyadi Upomo, Rini Kusumawardani (2016)	Analisis statistik dalam penelitian dapat digunakan sebagai referensi untuk menghitung curah hujan yang akan dipakai.
3	Aplikasi Program HEC-RAS 5.0.7 untuk Pemodelan Banjir di Sub-sub DAS Martapura Kabupaten Banjar	Muhammad Ramadhani Wijayanto, Noordiah Helda (2022)	Metode memasukkan data debit ke dalam <i>Hec-Ras</i> dapat dipakai sebagai referensi.

2.2. Definisi Drainase

Drainase adalah sebuah konstruksi yang mengalirkan air dari satu titik ke titik yang lain. Saluran drainase ini dapat timbul secara alami maupun buatan. Tujuan utama dari drainase adalah untuk mengalirkan air seperti curah hujan, agar tidak terjadi banjir (DPUPR Ngawi, 2022).

2.3. Bentuk Saluran Drainase

Saluran drainase memiliki beberapa bentuk penampang yang dapat digunakan. Bentuk penampang yang paling sering digunakan adalah bentuk persegi panjang (*Box Culvert*). Selain bentuk persegi panjang, bentuk lainnya adalah bentuk, setengah lingkaran, segitiga, dan trapesium. Dalam penelitian ini, bentuk yang akan ditinjau adalah persegi panjang dan trapesium. Unsur-unsur geometris dari penampang saluran dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.

Penampang	Luas A	Keliling Basah P	Jari-jari hidrolik R	Lebar Puncak T	Kedalaman hidrolik D	Faktor Penampang Z
 Persegi panjang	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b	y	$by^{1.5}$
 Trapesium	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$	$\frac{[(b + zy)y]^{1.5}}{\sqrt{b + 2zy}}$
 Segitiga	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zy^{2.5}$
 Lingkaran	$\frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)d_0^3$	$\frac{1}{2}\theta d_0$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right)d_0$	$\frac{(\sin \frac{1}{2}\theta)d_0}{2\sqrt{y(d_0 - y)}}$ atau $\frac{(\sin \frac{1}{2}\theta)d_0}{2\sqrt{y(d_0 - y)}}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\theta - \sin\theta}{\sin \frac{1}{2}\theta}\right)d_0$	$\frac{\sqrt{2}(\theta - \sin\theta)^{1.5}}{32(\sin \frac{1}{2}\theta)^{1.5}}d_0^{2.5}$

Gambar 2.1. Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran

Sumber : Chow, V. (1959). *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.

2.4. Kemiringan Saluran

Salah satu data yang dapat didapat melalui survei lapangan yaitu data kemiringan saluran. Kemiringan yang lebih curam dari 0,002 dapat menimbulkan erosi (Sinaga, 2022). *Waterpass*, juga dikenal dengan alat sipat datar, merupakan instrumen penting dalam pengukuran kemiringan saluran drainase. *Waterpass* dilengkapi dengan *nivo* dan sumbu mekanis vertikal sehingga teropong hanya dapat bergerak secara horizontal. Alat ini akan dipasang diatas kaki tigas, sehingga alat ini tergolong sebagai *tripod level*. Prinsip penggunaan *waterpass* yaitu dengan menentukan elevasi terlebih dahulu dengan mengukur perbedaan ketinggian titik awal dan akhir saluran drainase. Setelah menentukan elevasi dan jarak horizontal antara kedua titik, kemiringan dapat dihitung dengan membagi perbedaan elevasi dengan jarak horizontalnya. Dalam perancangan saluran drainase, penggunaan *waterpass* sangat penting untuk memastikan kemiringan optimal saluran di daerah penelitian.

2.5. Stasiun Hujan

Stasiun Hujan merupakan salah satu alat penting dalam sistem pemantauan cuaca dan iklim di suatu daerah. Secara umum, stasiun hujan dapat menyediakan beragam data meteorologi yang komprehensif. Selain mencatat presipitasi seperti jumlah, intensitas, dan durasi hujan, stasiun ini juga mampu mengumpulkan informasi tentang parameter cuaca lainnya. Data yang dapat diperoleh meliputi, suhu udara, kelembaban udara, visibilitas, dan lainnya. Penempatan stasiun hujan harus mempertimbangkan berbagai faktor untuk memastikan akurasi pengukurannya. Stasiun ini biasa ditempatkan di area yang bebas hambatan seperti pohon atau bangunan tinggi yang dapat mempengaruhi pengukuran. Secara umum untuk mendapatkan hasil yang optimum, stasiun hujan memiliki radius pengaruh hingga 10-30 km (Chen & Liu, 2012). Pada penelitian ini, peneliti hanya mengambil data curah hujan untuk perhitungan redesign saluran drainase di daerah penelitian.

2.6. Jenis Distribusi

Parameter statistik yang diperlukan untuk mencari jenis distribusi yang tepat adalah sebagai berikut (Brotowiryatmo, 1993).

Nilai rata-rata ($\bar{X}$)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Standar Deviasi (S)

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

Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

Koefisien Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n(n + 1)}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)} \sum \left(\frac{X_i - \bar{X}}{S} \right)^4 - \frac{3(n - 1)^2}{(n - 2)(n - 3)}$$

Keterangan :

n = Jumlah data

Xi = Data curah hujan

$\bar{X}$ = Rata-rata curah hujan

Syarat-syarat yang diperlukan untuk pemilihan distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2

Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Persyaratan		
	Cv	Cs	Ck
Normal		≈ 0	≈ 3
Log Normal	$\approx 0,06$	$= Cv^2 + 3Cv$	5,383
Log Pearson III		$\neq 0$	
Gumbel		1,1396	5,4002

Sumber : Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data (Jilid 1)*.

Nova.

2.7. Rancangan Curah Hujan

2.7.1. Distribusi Normal

Penggunaan distribusi normal telah banyak digunakan untuk aplikasi hidrologi. Secara umum, data variabel hidrologi dalam persamaan distribusi normal yang digunakan adalah (Soewarno, 1995).

$$X_t = \bar{X} + kS$$

Keterangan :

X_t = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu.

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata X.

k = Faktor frekuensi yang dapat diperoleh dari Tabel 2.3.

Tabel 2.3

Nilai Variabel Reduksi Gauss

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

Sumber : Bonnier. (1980). *Probability Distribution and Probability Analysis*. DPMA.

2.7.2. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal ini merupakan sebuah variasi dari distribusi normal. Hal ini dilakukan dengan mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritma varian X. Oleh karena ini distribusi log normal untuk dua parameter memiliki persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995).

$$\log X_t = \overline{\log(X)} + kS \log X$$

Keterangan:

- Log Xt = Nilai varian X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu.
- $\overline{\text{Log}}(X)$ = Logaritmik nilai rata-rata X.
- k = Karakteristik dari distribusi log normal. Nilai k dapat diperoleh dari Tabel 2.4 nilai variabel Gauss.
- S logX = Deviasi standar logaritmik nilai X.

2.7.3. Distribusi Gumbel

Perhitungan distribusi gumbel secara matematis dapat dilihat pada persamaan dibawah ini (Soewarno, 1995).

$$x = \bar{x} + \frac{s}{s_n}(y - y_n)$$

Keterangan:

X = Nilai varian X

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata X

Y = Nilai reduksi varian dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

$$Y = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right]$$

Yn = Nilai rata-rata dari Y

Sn = Deviasi standar dari Y

2.7.4. Distribusi Log Pearson III

Metode distribusi log person III telah banyak digunakan dalam analisis hidrologi. Bentuk dari distribusi ini merupakan hasil transformasi dari cara pearson III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik. Prosedur untuk mencari nilai distribusi log pearson III dapat dilihat dibawah ini (Soewarno, 1995).

1. Tentukan nilai logaritma dari semua nilai X.
2. Hitung nilai rata-rata dari logaritma tersebut.

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

3. Hitung nilai deviasi standar dari nilai logaritma.

$$S \log x = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n - 1}}$$

4. Cari nilai X dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\log x = \overline{\log x} + k(\overline{S \log x})$$

5. Hitung nilai koefisien kemencengan.

$$CS = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(\overline{S \log X})^3}$$

6. Dengan nilai CS, k dapat dicari dengan melihat Tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4

Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson III

Kemencengan (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	-0,390	0,518	1,250	2,282	3,048	3,848	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	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	2,848	3,489	4,147	5,680
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	2,128	2,708	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	2,468	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	2,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,328	2,578	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	2,761	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	2,880	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	2,843	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	2,806	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	2,767	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	2,728	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	2,688	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	2,648	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	2,607	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	2,566	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,098	2,482	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	2,398	1,270	1,318	1,351	1,485
-1,6	0,254	0,817	0,994	2,316	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	2,235	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	2,159	0,980	0,990	1,095	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	2,088	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,380	0,711	0,771	2,003	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	2,006	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber : Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data (Jilid 1)*.

Nova.

2.8. Pengujian Distribusi

Pengujian distribusi ini dilakukan untuk menentukan apakah metode distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang akan dianalisis. Terdapat 2 jenis uji distribusi yang akan dilakukan yaitu Uji Chi-Kuadrat dan Uji Kolmogorov Smirnov (Upomo & Kusumawardani, 2016).

2.8.1. Uji Chi-Kuadrat

Uji chi kuadrat dipakai untuk melihat apakah persamaan distribusi yang dipilih dapat digunakan. Uji Chi Kuadrat ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995).

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

Keterangan :

Xh^2 = Parameter Chi Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub-group

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub-group ke i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub-group ke i

Berikut adalah prosedur untuk Uji Chi Kuadrat :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
2. Lakukan pengelompokkan data menjadi G *sub-group*, dimana tiap-tiap *sub-group* minimal 4 data pengamatan.
3. Jumlah data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap *sub-group*.
4. Jumlah data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
5. Tiap-tiap *sub-group* hitung nilai:
 $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
6. Jumlah seluruh G *sub-group* nilai $(O_i - E_i)^2$ untuk menentukan nilai Chi Kuadrat hitung.
7. Tentukan derajat kebebasan $df = G - R - 1$.
 1. $R = 2$ (Untuk distribusi normal dan binomial)
 2. $R = 1$ (Untuk distribusi poisson)

Interpretasi hasil sebagai berikut :

1. Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang lebih dari 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila peluang berada di antara 1-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, maka diperlukan penambahan data.

Berikut ini merupakan tabel nilai Chi Kuadrat yang terlampir pada Tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5

Nilai Chi Kuadrat

dk	Tarf Signifikansi					
	0, 5	0, 3	0, 2	0, 1	0, 05	0, 01
1	0, 455	1, 074	1, 642	2, 706	3, 841	6, 635
2	0, 139	2, 408	3, 219	3, 605	5, 591	9, 210
3	2, 366	3, 665	6, 642	6, 251	7, 815	11, 341
4	3, 357	4, 878	5, 989	7, 779	9, 488	13, 277
5	4, 351	6, 064	7, 289	9, 236	11, 070	15, 086
6	5, 348	7, 231	8, 558	10, 645	12, 592	16, 812
7	6, 346	8, 383	9, 803	12, 017	14, 017	18, 475
8	7, 344	9, 524	11, 030	13, 362	15, 507	20, 090
9	8, 343	10, 656	12, 242	14, 684	16, 919	21, 666
10	9, 342	11, 781	13, 442	15, 987	18, 307	23, 209
11	10, 341	12, 899	14, 631	17, 275	19, 675	24, 725
12	11, 340	14, 011	15, 812	18, 549	21, 026	26, 217
13	12, 340	15, 19	16, 985	19, 812	22, 368	27, 688
14	13, 332	16, 22	18, 151	21, 064	23, 685	29, 141
15	14, 339	17, 322	19, 311	22, 307	24, 996	30, 578
16	15, 338	18, 418	20, 465	23, 542	26, 296	32, 000
17	16, 337	19, 511	21, 615	24, 785	27, 587	33, 409
18	17, 338	20, 601	22, 760	26, 028	28, 869	34, 805
19	18, 338	21, 689	23, 900	27, 271	30, 144	36, 191
20	19, 337	22, 775	25, 038	28, 514	31, 410	37, 566
21	20, 337	23, 858	26, 171	29, 615	32, 671	38, 932
22	21, 337	24, 939	27, 301	30, 813	33, 924	40, 289
23	22, 337	26, 018	28, 429	32, 007	35, 172	41, 638
24	23, 337	27, 096	29, 553	33, 194	35, 415	42, 980
25	24, 337	28, 172	30, 675	34, 382	37, 652	44, 314
26	25, 336	29, 246	31, 795	35, 563	38, 885	45, 642
27	26, 336	30, 319	32, 912	36, 741	40, 113	46, 963
28	27, 336	31, 391	34, 027	37, 916	41, 337	48, 278
29	28, 336	32, 461	35, 139	39, 087	42, 557	49, 588
30	29, 336	33, 530	36, 250	40, 256	43, 775	50, 892

Sumber : Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data (Jilid 1)*.

Nova.

2.8.2. Uji Kolmogorov Smirnov

Uji *Kolmogorov-Smirnov* dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut (Soewarno, 1995).

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut
2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis persamaan distribusi yang telah dipakai.
3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum } [P(X_m) - P'(X_m)]$$

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Kolmogorov Smirnov*) di Tabel 2.6 tentukan nilai D_0 .

Tabel 2.6

Nilai Kritis D_0

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,290
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,161

Sumber : Bonnier. (1980). *Probability Distribution and Probability Analysis*. DPMA.

5. Jika $D < D_0$, maka distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima. Sebaliknya jika $D > D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

2.9. Periode Ulang

Dalam analisis drainase ini, periode ulang yang akan digunakan untuk menghitung debit air berdasarkan pada Tabel 2.7 di bawah ini (Saidah et al., 2021).

Tabel 2.7

Periode Ulang

Jenis Kota	Catchment Area (Ha)			
	10	10-100	100-500	>500
Metropolitan	1-2	2-5	5-10	10-25
Kota Besar	1-2	2-5	2-5	5-15
Kota Sedang	1-2	2-5	2-5	10
Kota Kecil	1-2	1-2	1-2	2-5
Kota Sangat Kecil	1	1	1	-

Sumber : Saidah, H., Nur, N. K., Rangan, P. R., Mukrim, M. I., Tamrin, Tumpu, M., . . .

Sindagamanik, F. D. (2021). Drainase perkotaan. Penerbit Yayasan Kita Menulis.

2.10. Analisis Intensitas Hujan

Dalam perhitungan dimensi saluran, diperlukan data intensitas curah hujan di daerah yang diteliti. Intensitas curah hujan merupakan ketinggian curah hujan yang terjadi pada rentang waktu tertentu dimana air terkonsentrasi (Purba et al., 2021). Perhitungan intensitas curah hujan dengan data hujan harian dapat menggunakan metode Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan :

I : Intensitas curah hujan (*mm/jam*)

R₂₄ : Curah hujan maksimum dalam 24 jam

t : Lama curah hujan (*jam*)

Selain itu juga ada beberapa jenis hujan berdasarkan intensitas hujan pada hari tersebut. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.8 di bawah ini.

Tabel 2.8

Jenis Intensitas Hujan

Intensitas Hujan mm/hari	Jenis Hujan
0	Berawan
0.5-20	Hujan Ringan
20-50	Hujan Sedang
50-100	Hujan Lebat
100-150	Hujan Sangat Lebat
>150	Hujan Ekstrem

Sumber : BMKG. (2024). Probabilistik curah hujan 20 mm (tiap 24 jam). Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika: [https://bmkgo.id/cuaca/probabilistik-curahhujan.bmkgo#:~:text=0.5%20%E2%80%93%20mm%2Fhari%20,\(merah\)%20%3A%20Hujan%20sangat%20lebat](https://bmkgo.id/cuaca/probabilistik-curahhujan.bmkgo#:~:text=0.5%20%E2%80%93%20mm%2Fhari%20,(merah)%20%3A%20Hujan%20sangat%20lebat)

2.11. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran dengan tata guna lahan yang beragam dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{A_1C_1 + A_2C_2 + \dots + A_nC_n}{\sum A}$$

Keterangan :

- C : Koefisien pengaliran gabungan.
- A₁, A₂, A_n : Luasan masing-masing lahan.
- ΣA : Luas total lahan.
- C₁, C₂, C_n : Koefisien pengaliran masing-masing lahan.

Berikut merupakan nilai koefisien pengaliran berdasarkan penggunaan area yang terlampir pada Tabel 2.9 dibawah ini.

Tabel 2.9

Koefisien Pengaliran Berdasarkan Tata Guna Lahan

No	Tata guna lahan	Koefisien C
1	Rerumputan - Tanah pasir, datar 2% - Tanah pasir, seddang 2 – 7% - Tanah pasir, curam 7% - Tanah gemuk, datar 2% - Tanah gemuk, sedang 2 – 7 % - Tanah gemuk, curam 7%	0,05 – 0,10 0,10 – 0,15 0,15 – 0,20 0,13 – 0,17 0,18 – 0,22 0,25 – 0,35
2	Daerah perdagangan - Daerah kota lama - Daerah pinggiran	0,75 – 0,95 0,50 – 0,70
3	Pemukiman - Perumahan satu keluarga - Perumahan terpisah pisah - Perumahan bersambungan - Apartemen - Suburban	0,30 – 0,50 0,40 – 0,60 0,60 – 0,75 0,50 – 0,70 0,25 – 0,40
4	Industri - Daerah industri ringan - Daerah industri berat	0,50 – 0,80 0,60 – 0,90
5	Taman, kuburan	0,10 – 0,25
6	Tempat bermain	0,20 – 0,35
7	Daerah stasiun kereta	0,20 – 0,40
8	Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
9	Jalan - Beraspal - Beton - Batu	0,70 – 0,95 0,80 – 0,95 0,70 – 0,85
10	Atap	0,75 – 0,95

Sumber : Triatmojo, B. (2008). *Hidrologi terapan*. Beta Offset.

2.12. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$tc = to + td$$

$$to = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{i}} \right)^{0.167}$$

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

Keterangan :

tc : Waktu konsentrasi (menit)

to : Waktu air mengalir dari bagian terjauh area melalui permukaan tanah ke saluran terdekat (menit)

td : Waktu mengalir di dalam saluran menuju tempat yang diukur (menit)

Ls : Panjang lintasan aliran dalam saluran (m)

L : Panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan (m)

nd : Koefisien hambatan.

i : kemiringan permukaan tanah yang dilalui aliran diatasnya

V : Kecepatan aliran dalam saluran (m/dt)

Nilai koefisien hambatan (n_d) dapat dilihat pada Tabel 2.10 dibawah ini.

Tabel 2.10

Koefisien Hambatan

Condition of Ground Cover	n_d
Cement concrete and Asphalt concrete	0.03
Smooth and impervious surface	0.02
Smooth and tight surface	0.10
Poor grassland, cultivated land and bare lot with a suitable roughness	0.20
Meadow land and ordinary grassland	0.40
Forest land	0.60
Dense forest land	0.80

Sumber : Chow, V. (1959). *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.

2.13. Debit Banjir Saluran dan Banjir Rencana

Perhitungan debit saluran dan banjir rencana, digunakan metode rasional. Metode rasional merupakan salah satu metode untuk menentukan debit aliran yang diakibatkan aliran curah hujan. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

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

Keterangan :

Q : Debit aliran (m^3/dt)

C : Koefisien aliran

A : Luas daerah permukaan (km^2)

I : Intensitas hujan (mm/jam)

Debit banjir rencana yatu total dari debit banjir tiap saluran, dimana debit banjir merupakan akumulasi dari debit banjir saluran dari saluran sebelumnya.

$$Q_{tot} = Q_{sal1} + Q_{sal2} + \dots + Q_{sal n}$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

Q_{tot} : Debit banjir saluran (m^3/dt)

$Q_{sal n}$: Debit banjir saluran ke-n (m^3/dt)

2.14. Kecepatan Rata-Rata Aliran

Kecepatan rata-rata aliran drainase dihitung menggunakan rumus manning di bawah ini.

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

Keterangan :

v = Kecepatan aliran (m/s)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar saluran

n = Koefisien kekasaran manning

Koefisien kekasaran manning dapat dilihat pada Tabel 2.11 di bawah ini.

Tabel 2.11

Nilai Kekasaran Manning

1. Main Channels		
a. clean, straight, full stage, no rifts or deep pools	0.025	0.033
b. same as above, but more stones and weeds	0.03	0.04
c. clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.045
d. same as above, but some weeds and stones	0.035	0.05
e. same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.04	0.055
f. same as "d" with more stones	0.045	0.06
g. sluggish reaches, weedy, deep pools	0.05	0.08
h. very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stand of timber and underbrush	0.075	0.15
2. Lined or Constructed Channels		
a. Cement		
1. neat surface	0.01	0.013
2. mortar	0.011	0.015
b. Wood		
1. planed, untreated	0.01	0.014
2. planed, creosoted	0.011	0.015
3. unplaned	0.011	0.015
4. plank with battens	0.012	0.018
5. lined with roofing paper	0.01	0.017
c. Concrete		
1. trowel finish	0.011	0.015
2. float finish	0.013	0.016
3. finished, with gravel on bottom	0.015	0.02
4. unfinished	0.014	0.02
5. gunite, good section	0.016	0.023
6. gunite, wavy section	0.018	0.025
7. on good excavated rock	0.017	
8. on irregular excavated rock	0.022	
d. Concrete bottom float finish with sides of:		
1. dressed stone in mortar	0.015	0.02
2. random stone in mortar	0.017	0.024
3. cement rubble masonry, plastered	0.016	0.024
4. cement rubble masonry	0.02	0.03
5. dry rubble or riprap	0.02	0.035
e. Gravel bottom with sides of:		
1. formed concrete	0.017	0.025
2. random stone mortar	0.02	0.026
3. dry rubble or riprap	0.023	0.036
f. Brick		
1. glazed	0.011	0.015
2. in cement mortar	0.012	0.018
g. Masonry		
1. cemented rubble	0.017	0.03
2. dry rubble	0.023	0.035
h. Dressed ashlar/stone paving	0.013	0.017
i. Asphalt		
1. smooth	0.013	
2. rough	0.016	
j. Vegetal lining	0.03	0.5

Sumber : Chow, V. (1959). *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.

2.15. Debit Saluran Drainase

Perhitungan debit air untuk saluran drainase menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q = V \times A$$

Keterangan:

Q = Debit rencana (m³/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas (m²)

2.16. Root Mean Squared Error (RMSE)

Dalam melakukan validasi data diperlukan adanya perhitungan *RMSE* atau *Root Mean Squared Error*. Perhitungan *RMSE* telah digunakan sebagai standar statistik untuk mengukur performa model dalam bidang meteorologi, kualitas air, dan berbagai studi bidang iklim (T & R, 2014). *RMSE* merupakan penjumlahan kuadrat selisih data antara nilai sebenarnya dengan nilai prediksi yang dibagi dengan jumlah data yang digunakan dalam perhitungan (Budiman, 2016).

Perhitungan *RMSE* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(aktual - prediksi)^2}{n}}$$

n = Jumlah data yang digunakan

2.17. Tinggi Jagaan Saluran

Tinggi jagaan dari drainase diambil dari Tabel 2.12 sebagai berikut.

Tabel 2.12

Tinggi Jagaan Minimum Saluran

Q (m ³ / dt)	Tinggi Jagaan (m)
< 0,5	0,40
0,5 – 1,5	0,50
1,5 – 5,0	0,60
5,0 – 10,0	0,75
10,0 – 15,0	0,85
> 15,0	1,00

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi*. Kementerian Pekerjaan Umum.