

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Bagian ini berisi tentang definisi drainase, jenis sistem drainase, tipe-tipe saluran drainase, banjir, aspek hidrologi, intensitas hujan, waktu konsentrasi, luas daerah aliran, koefisien pengaliran, debit banjir, pendimensian saluran, dan drainase berwawasan lingkungan.

2.1.1 Definisi Drainase

Drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Drainase terapan adalah ilmu drainase yang diterapkan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan (H.A Halim Hasmar, 2011).

Menurut Dr.Ir.Suripin, M.Eng (2004) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas.

2.1.2 Jenis Sistem Drainase

a. Sistem Drainase Alamiah (natural)

Pada sistem ini pengeringan terjadi tanpa campur tangan manusia, hal ini mungkin terjadi apabila kemiringan tanah sudah cukup baik sehingga air hujan mengalir dengan sendirinya memasuki badan air terdekat (sungai, laut, dll).

b. Sistem Drainase Buatan

Sistem ini diperlukan jika sistem drainase secara alamiah tidak dimungkinkan lagi sehingga memerlukan adanya saluran-saluran buatan, baik saluran terbuka maupun saluran tertutup serta bangunan-bangunan pengatur lainnya.

Selain itu juga ada sistem drainase perkotaan berdasarkan kondisi fisiknya yaitu :

a. Sistem Saluran Primer

Sistem saluran primer adalah saluran utama yang menerima masukan aliran dari saluran sekunder. Dimensi bentuk saluran relatif besar dan akhir aliran air dari saluran primer adalah badan penerima air.

b. Sistem Saluran Sekunder

Sistem saluran sekunder adalah saluran terbuka atau tertutup yang berfungsi menerima aliran air dari saluran tersier dan limpasan air permukaan sekitarnya dan meneruskan aliran ke saluran primer. Dimensi bentuk saluran bergantung pada debit yang dialirkan.

c. Sistem Saluran Tersier

Sistem saluran tersier adalah saluran yang menerima air dari saluran drainase lokal.

2.1.3 Tipe-tipe Saluran Drainase

Menurut Soemarto (1999) saluran drainase dibedakan menurut bentuknya:

1. Saluran Terbuka

Saluran terbuka umumnya digunakan pada daerah yang lahannya masih memungkinkan (luas), lalu lintas pejalan kakinya relatif jarang, beban di kiri dan di kanan saluran relatif ringan.

a. Bentuk Trapesium

Umumnya digunakan pada daerah yang masih mempunyai lahan cukup luas, harga lahan murah, umumnya digunakan untuk saluran yang relatif besar.

b. Bentuk Segi Empat

Umumnya digunakan pada daerah yang lahannya tidak terlalu lebar, dan harga lahannya mahal. Umumnya digunakan untuk saluran yang relatif besar dan sedang.

c. Bentuk Setengah Lingkaran

Umumnya digunakan pada saluran dilingkungan permukiman berupa saluran sekunder dan tersier.

d. Bentuk Segi Tiga

Umumnya digunakan pada daerah permukiman sebagai saluran tersier. Keuntungan dapat mengalirkan air pada debit yang kecil. Kerugiannya sulit dalam pemeliharaan.

e. Bentuk-bentuk kombinasi antara trapesium, segiempat, setengah lingkaran, dan segitiga.

2. Saluran Tertutup

Saluran tertutup umumnya digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan. Konstruksi saluran tertutup ditanam dengan kedalaman tertentu di dalam tanah yang mempunyai tekanan tersendiri tetapi tetap mengikuti aliran gravitasi pada saluran terbuka.

2.1.4 Banjir

Banjir adalah peristiwa terbenamnya daratan yang biasanya kering karena volume air meningkat. Menurut Suripin (2004) banjir adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang atau terhambatnya air di dalam saluran pembuangan sehingga meluap mengenai daerah dataran banjir sekitarnya. Dataran banjir saat ini sering dimanfaatkan sebagai lahan tempat tinggal oleh penduduk, sehingga menyulitkan untuk menanggulangi permasalahan pengaliran air pada beberapa wilayah yang merupakan aliran air alami. Menurut Naryanto (2009), penyebab banjir pada dasarnya disebabkan tiga hal. Pertama, kegiatan manusia yang menyebabkan terjadinya perubahan tata ruang dan berdampak pada

perubahan alam. Kedua, peristiwa alam seperti curah hujan sangat tinggi, kenaikan permukaan air laut, badai dan sebagainya. Ketiga, degradasi lingkungan seperti hilangnya tumbuhan penutup tanah pada daerah aliran sungai, pendangkalan sungai akibat sedimentasi, penyempitan aliran sungai dan sebagainya.

2.1.5 Analisis Frekuensi

Hujan rencana merupakan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan yaitu :

1. Parameter Statistik
2. Pemilihan Jenis Metode
3. Uji Kebenaran Sebaran
4. Perhitungan Hujan Rencana

2.1.5.1 Parameter Statistik

Menurut Soemarto (1999) parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (\bar{X}), deviasi standar (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan/*skewness* (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck). Sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut:

$$\bar{X} = \sum \frac{Rx}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Ck = \frac{1/n \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{Sd^4} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

\bar{X} = Tinggi hujan harian maksimum rata-rata selama n tahun (mm)

$\sum X$ = jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun (mm)

n = Jumlah tahun pencatat hujan

Sd = Deviasi standar

Cv = Koefisiensi variasi

Cs = Koefisiensi kemiringan (*skewness*)

Ck = Koefisien kurtosis

Lima parameter statistik diatas akan menentukan jenis metode yang akan digunakan dalam analisis frekuensi.

2.1.5.2 Pemilihan Jenis Metode

Penentuan jenis metode yng akan digunakan untuk analisis frekuensi dilakukan dengan beberapa asumsi sebagai berikut :

1. Metode Gumble Tipe I

Menurut Soemarto (1999) untuk menghitung curah hujan rencana dengan Metode Gumble Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris yaitu :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y_T - Y_n) \dots\dots\dots(2.6)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan Y_T dapat dihitung dengan rumus (Soemarto,1999) :

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right] \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

X_T = Nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun (mm)

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

S = Deviasi standar (simpangan baku)

Y_T = Nilai reduksi variat (*reduced variated*) dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, seperti yang dituliskan di Tabel 2.3

Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduce mean*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), seperti ditunjukkan pada tabel 2.2

S_n = Deviasi standar dari reduksi variat (*reduce standart deviation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), seperti ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Harga Reduced Standar Deviation (S_N)

M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Sumber : J NEMEC/Engineering Hydrology

Tabel 2.2 Harga Reduced Mean (Y_N)

M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	9.5497	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									

Sumber : J NEMEC/Engineering Hydrology

Tabel 2.3 Harga Reduce Variated (Y_T)

Periode Ulang (tahun)	Reduce Variate (Y_T)
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2505
15	2.6844
20	2.9700
25	3.1985
50	3.9019

Sumber : J NEMEC/Engineering Hydrology

2. Metode Log Normal

Metode Log Normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$X_T = \bar{X} + (Kt \times S) \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

X_T = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang X tahun (mm)

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

S = Deviasi standar data hujan maksimum tahunan

Kt = Standar variable untuk periode ulang T tahun yang besarnya diberikan seperti ditunjukkan pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Standar Variabel Kt

T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt
1	-1.86	20	1.89	90	3.34
2	-0.22	25	2.10	100	3.45
3	0.17	30	2.27	110	3.53
4	0.44	35	2.41	120	3.62
5	0.64	40	2.54	130	3.70
6	0.81	45	2.65	140	3.77
7	0.95	50	2.75	150	3.84
8	1.06	55	2.86	160	3.91
9	1.17	60	2.93	170	3.97
10	1.26	65	3.02	180	4.03
11	1.35	70	3.08	190	4.09
12	1.43	75	3.60	200	4.14
13	1.50	80	3.21	221	4.24

T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt
14	1.57	85	3.28	240	4.33
15	1.63	90	3.33	260	4.42

Sumber : Soewarno, 1995.Hidrologi Aplikasi Metode Statistic untuk Analisa Jilid I

3. Metode Log Pearson Tipe III

Metode Log Pearson Tipe III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$Y = \bar{Y} + k.S \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

Y = Nilai logaritmik dari X atau log X

X = Curah hujan (mm)

\bar{Y} = Rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y

S = Deviasi standar Y

K = Karakteristik distribusi peluang Log-Pearson Tipe III, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Harga K Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

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	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	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	3.499	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	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110

Cs	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
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	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	2.326	2.576	3.090
-0.1	0.017	0.836	1.270	2.761	2.000	2.252	2.482	3.950
-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	1.576	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	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.488	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	1.588	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	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.200	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	0.035	1.069	1.089	1.097	1.130
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	1.995	1.000
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber : C.D.Soemarto, 1999. Hidrologi Teknik, (Jakarta: Erlangga,1999)

2.1.5.3 Uji Kebenaran Sebaran

Uji keselarasan sebaran dilakukan untuk mengetahui jenis metode yang paling sesuai dengan data hujan. Uji metode ini dilakukan dengan menguji keselarasan distribusi yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan

distribusi peluang yang terpilih, tepat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Soewarno, 1995).

Ada dua jenis uji keselarasan yaitu uji keselarasan Chi Kuadrat (*Chi Kuadrat*) dan Smirnov Kolmogorof. Dalam penelitian ini dilakukan uji keselarasan sebaran dengan menggunakan Chi Kuadrat (*Chi Square*).

- Uji Keselarasan Chi Kuadrat (*Chi Square*)

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai *chi kuadrat* (X^2) dengan nilai *chi kuadrat* kritis (X^{2cr}). Uji keselarasan chi kuadrat menggunakan rumus (Soewarno,1995) :

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

X^2 = Harga *chi kuadrat* terhitung

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

n = Jumlah data

Menurut Soewarno (1995) suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai $X^2_{hitung} < X^2_{kritis}$. Nilai X^2 kritis dapat dilihat di tabel 2.6. dari hasil pengamatan yang di dapat dicari penyimpangannya dengan *chi kuadrat* kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dihtiong dengan rumus sebagai berikut :

$$Dk = K - (P - 1) \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

Dk = Derajat kebebasan

P = Nilai untuk distribusi Metode Gumbel, $P = 1$

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

- Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang lebih kecil dari 1% - 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

Tabel 2.6 Nilai Kritis Untuk Uji Keselerasan Chi Quadrat

Dk	α Derajat Kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	0.5991	7.738	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	3.074	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	27.688	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

Dk	α Derajat Kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.41	34.170	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	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.683	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.661	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	17.078	42.557	45.772	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

Sumber : Soewarno, 1995.Hidrologi Aplikasi Metode Statistic untuk Analisa Jilid I

2.1.6 Periode Ulang

Periode ulang adalah besaran tertentu yang mungkin terjadi pada suatu periode ulang, misalnya 10 tahun sekali dan sebagainya.

Tabel 2.7 Periode Ulang yang Disyaratkan

Bangunan/Saluran Drainase	Periode Ulang
Sungai besar/saluran primer	25 tahun
Sungai Kecil	10 tahun
Sungai Sekunder	10 tahun
Sungai Tersier :	
1. Pemukiman	1 tahun
2. Industri	2 tahun
3. Komersial	2 tahun
Gorong-gorong	10 tahun
Gorong-gorong Jalan Tol	25 tahun
Saluran Drainase Jalan	5 tahun

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Standar Metode Menghitung Design Flood

2.1.7 Intensitas Hujan

Menurut C.D Soemarto (1999) intensitas hujan adalah tinggi air hujan persatuan waktu pada titik pengamatan yang berupa data curah hujan harian, bulanan, atau tahunan. Untuk menentukan tinggi curah hujan rata-rata diatas wilayah tertentu dari beberapa pos pengamatan dapat dilakukan dengan tiga cara yang berbeda yaitu :

a. Metode Rata-rata Aritmatik

Metode ini dapat memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos pengamatannya ditempatkan secara merata didalam wilayah, dan hasil penakaran masing-masing pos pengamatan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos pengamatan diseluruh wilayah pengamatan.

Metode ini cocok digunakan untuk daerah yang datar dan memiliki pos pengamatan curah hujan yang rapat dan banyak.

Tinggi curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$d = \frac{d_1+d_2+d_3+\dots+d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

d = Tinggi curah hujan rata-rata

d_1, d_2, \dots, d_n = Tinggi curah hujan pada pos pengamatan 1, 2, ..., n

n = Banyaknya pos pengamatan

b. Metode Poligon Thiessen

Metode ini didasarkan rata-rata timbang/terbobot, setiap pos pengamatan mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua buah pos penghubung.

Metode ini digunakan pada daerah distribusi pengamatan curah hujan yang tidak tersebar merata di dalam wilayah pengamatan. Hasil analisa dengan metode ini lebih teliti apabila dibandingkan dengan cara rata-rata aritmatik, karena dalam menentukan curah hujan wilayah dengan metode ini akan diperhitungkan presentase luas pengaruh masing-masing pos pengamatan curah hujan. Luas pengaruh pos pengamatan yang digunakan adalah luas daerah yang berada dalam daerah aliran sungai.

Rumus yang digunakan yaitu :

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + A_3 d_3 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_t} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

A_t = Luas daerah total

d = Tinggi curah hujan rata-rata

d_1, d_2, \dots, d_n = Tinggi curah hujan di pos pengamatan 1,2, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n = Luasa area pengaruh di pos pengamatan 1,2, ..., n

c. Metode Isohyet

Metode ini adalah metode yang paling teliti untuk mendapatkan curah hujan wilayah rata-rata. Tetapi metode ini memerlukan pos pengamatan curah

hujan yang cukup rapat atau banyak di dalam daerah pengamatan, sehingga memungkinkan untuk membuat kontur tinggi curah hujan atau garis-garis isohyet.

Untuk mendapatkan suatu hasil penggambaran garis-garis isohyet yang diharapkan maka perlu diperhatikan kondisi topografi daerah.

Rumus yang digunakan dalam metode ini yaitu :

$$d = \frac{A_1 \frac{d_0+d_1}{2} + A_2 \frac{d_1+d_2}{2} + \dots + A_n \frac{d_{n-1}+d_n}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{d_{i-1}+d_i}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan :

d = Tinggi curah hujan rata-rata

d_0, d_1, \dots, d_n = Curah hujan pada isohyets 0, 1, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang dibatasi oleh isohyet yang bersangkutan (C.D Soemarto, 1999).

Intensitas hujan dapat dihitung berdasarkan rumus mononobe yang merupakan variasi beberapa rumus intensitas curah hujan, rumus ini baik digunakan untuk curah hujan jangka pendek, setiap waktu berdasarkan hujan harian, yaitu :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan:

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

t = Waktu (durasi) yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari lokasi terjauh lintasan Daerah Aliran Sungai (DAS) menuju outlet DAS

R_{24} = Curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

Dari beberapa metode yang di jelaskan diatas, dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode ishoyet.

2.1.8 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari suatu titik yang terjauh daerah tangkapan air sampai ke titik pengamatan.

Waktu konsentrasi (t_c) dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

- a. Jarak terjauh dari daerah tangkapan air sampai ke titik pengamatan L
- b. Kemiringan lahan (S)
- c. Jenis tanah
- d. Besarnya curah hujan

Saluran drainase memiliki waktu konsentrasi yang terdiri atas dua komponen yaitu *Inlet time* (t_o) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir diatas permukaan tanah ke saluran drainase dan *Conduit time* (t_d) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran.

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (2.17)$$

t_o dapat dihitung menggunakan rumus-rumus empiris yang diturunkan untuk menghitung waktu konsentrasi yang hanya memperhitungkan L dan S.

Dengan menggunakan rumus Kirpich dapat digunakan hubungan sebagai berikut :

$$t_o = 0,0195 \times \left(\frac{L_o}{\sqrt{S}}\right)^{0.77} \text{ (jam)} \dots\dots\dots (2.18)$$

Tabel 2.8 Kemiringan Saluran memanjang (i_s) berdasarkan jenis material

No	Jenis Material	Kemiringan Saluran (i_s %)
1	Tanah Asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7.5
3	Pasangan	7.5

Sumber : Pd. T-02-2006-B Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006

Sedangkan t_d dapat dihitung dengan menggunakan rumus *hydraulic*, dengan mengetahui panjang saluran (P_s) dan mengetahui kecepatan aliran (V). Maka t_d dapat dihitung (H.A Halim Hasmar,2011), yaitu :

$$t_d = \frac{P_s}{V} \dots\dots\dots(2.19)$$

Tabel 2.9 Kecepatan Aliran Air Yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diizinkan (m/det)
Pasir halus	0,45
Lempung Kepasiran	0,50
Tanah Elektial	0,60
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 :SNI 03-3424-1994, Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan

2.1.9 Luas Daerah Aliran (A)

Luas daerah aliran adalah luas wilayah yang jika turun hujan limpasannya akan mengalir ke aliran sungai yang diamati. Luas wilayah yang diamati ditentukan menggunakan planimeter terhadap area DAS yang telah ditentukan

berdasarkan peta kontur wilayah pengamatan atau menggunakan bantuan software *Geographic Information System (GIS)* (Sylva Yuniar, 2009).

2.1.10 Koefisien Pengaliran

Dalam perencanaan sistem drainase dibutuhkan suatu nilai koefisien aliran (C). Koefisien aliran adalah suatu angka yang memberikan pengertian beberapa persen air yang mengalir dari bermacam-macam permukaan akibat terjadinya hujan pada suatu wilayah, atau perbandingan antara jumlah limpasan yang terjadi dengan jumlah curah hujan yang ada.

$$\text{Koefisien aliran}(C) = \frac{\text{air hujan yang dialirkan di permukaan}}{\text{air hujan yang jatuh ke permukaan}} \dots\dots\dots (2.20)$$

ada beberapa elemen yang mempengaruhi koefisien pengaliran, antara lain:

1. Kondisi Penggunaan Tanah (Landuse)

Hidograf sebuah sungai adalah sangat di pengaruhi oleh kondisi penggunaan tanah dalam daerah pengaliran itu. Daerah hutan yang ditutupi tumbuh-tumbuhan yang lebat adalah sulit mengadakan limpasan permukaan karena kapasitas infiltrasinya yang besar. Jika daerah hutan ini dijadikan daerah pembangunan dan dikosongkan, maka kapasitas infiltrasinya akan turun karena penempatan permukaan tanah. Air hujan akan mudah berkumpul ke sungai-sungai dengan kecepatan yang tinggi dan akhirnya dapat mengakibatkan banjir yang belum pernah dialami terlebih dahulu.

2. Daerah Pengaliran

Besarnya curah hujan, intensitas curah hujan dan lain-lain itu tetap, maka limpasan tersebut selalu sama, dan tidak bergantung dari luas daerah pengaliran. Mengingat aliran persatuan luas itu tetap, maka hidrograf itu adalah sebanding dengan luas daerah pengaliran itu. Semakin besar daerah pengaliran maka semakin lama limpasan itu mencapai tempat titik pengukuran.

Dasar hidrograf debit banjir itu menjadi lebih besar dan debit puncaknya berkurang. Salah satu penyebab terjadinya pengurangan debit puncak adalah hubungan antara intensitas curah hujan maksimum yang berbanding terbalik dengan luas daerah hujan tersebut. Dikarenakan intensitas curah hujan maksimum dapat diperkirakan bahwa frekuensi yang tetap menjadi lebih kecil sebanding dengan daerah pengaliran yang lebih besar, maka diperkirakan terjadinya puncak banjir akan menjadi lebih kecil.

3. Kondisi Topografi Dalam Daerah Pengaliran

Kondisi topografi mempunyai beberapa faktor yang mempengaruhi dalam daerah pengaliran yaitu elevasi, bentuk, gradien, arah dan lain-lain dari daerah pengaliran yang berpengaruh terhadap sungai dan hidrologi daerah pengaliran tersebut.

- Elevasi daerah pengaliran dan elevasi rata-rata mempunyai hubungan yang penting terhadap suhu dan curah hujan.
- Bentuk yaitu perbandingan panjang sungai utama terhadap lebar rata-rata daerah pengaliran. Jika faktor bentuk menjadi lebih kecil dengan

kondisi skala daerah pengaliran yang sama, maka hujan lebat yang merata akan berkurang dengan perbandingan yang sama sehingga sulit akan terjadinya banjir.

- Gradien daerah pengaliran adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi waktu mengalirnya aliran permukaan, waktu konsentrasi ke sungai dari curah hujan dan mempunyai hubungan langsung terhadap debit banjir.

4. Jenis Tanah

Bentuk butir-butiran tanah, corak dan cara mengendapnya adalah faktor yang menentukan kapasitas infiltrasi, maka karakteristik limpasan tersebut akan sangat dipengaruhi oleh jenis tanah daerah pengaliran tersebut. Bahan-bahan kolodial merupakan faktor yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi karena bahan-bahan ini mengembang dan menyusut sesuai dengan variasi kadar kelembaban tanah (Kiyotoka Mori, 1993).

Tabel 2.10 Koefisien *Run Off*

Tipe Area	Koefisien <i>Run Off</i>
Pegunungan yang curam	0,75 – 0,90
Tanah yang bergelombang dan hutan	0,50 – 0,75
Dataran yang ditanami/perkebunan	0,45 – 0,60
Atap yang tidak tembus air	0,75 – 0,90
Perkerasan aspal, beton	0,80 – 0,90
Tanah padat sulit diresapi	0,40 – 0,55
Tanah agak mudah diresapi	0,05 – 0,35
Taman/lapangan terbuka	0,05 – 0,25
Kebun	0,20
Perumahan tidak begitu rapat (20 rumah/ha)	0,25 – 0,40
Perumahan kerapatan sedang (21-60 rumah/ha)	0,40 – 0,70
Perumahan rapat (61-160 rumah/ha)	0,70 – 0,80
Daerah rekreasi	0,20 – 0,30
Daerah industry	0,80 – 0,90

Tipe Area	Koefisien <i>Run Off</i>
Daerah perniagaan	0,90 – 0,95

Sumber : H.A Halim Hasmar, *Drainase Terapan*, (Yogyakarta: UII Press, 2011) hlm. 43

2.1.11 Debit Banjir

Banjir adalah suatu keadaan dimana saluran drainase mengalirkan air diatas kondisi batas normalnya. Debit banjir adalah besarnya kelebihan *volume* air dari batas normal yang melalui saluran drainase persatuan waktu.

Perkiraan debit banjir dilakukan dengan cara:

a. Metode Rasional

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah Metode Rasional. Metode ini sangat sederhana dan mudah penggunaannya.

Cara ini merupakan cara praktis dalam menghitung debit banjir dari curah hujan, cara tersebut didasarkan atas rumus :

$$Q = 0,278 C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :

Q = Debit Puncak (m³/det)

I = Intensitas hujan maksimum selama waktu yang sama dengan lama waktu konsentrasi (mm/jam)

C = Koefisien Pengaliran

A = Luas Daerah Aliran Sungai (km²)

Metode rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata diseluruh DAS selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (*t_c*) DAS. Jika asumsi ini tepenuhi, maka

curah hujan dan aliran permukaan DAS tersebut dapat digambarkan dalam grafik. Jika hujan yang terjadi lamanya kurang dari waktu konsentrasi (t_c), maka debit puncak yang terjadi lebih kecil dari Q_p karena seluruh DAS tidak dapat memberikan kontribusi aliran secara bersama pada titik kontrol (*outlet*). Sebaliknya jika hujan yang terjadi lebih lama dari waktu konsentrasi (t_c) maka debit puncak aliran permukaan tetap sama dengan Q_p (Sylva Yuniar, 2009).

2.1.12 Pendimensian Saluran

Menurut H.A Halim Hasmar (2011) kapasitas saluran dapat diketahui dari persamaan berikut :

$$Q_{qp} = v \cdot A \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan :

v = Kecepatan aliran (m/det)

A = Luas penampang saluran (m^2)

Kecepatan aliran rata-rata dapat diperoleh menggunakan persamaan manning yaitu:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot s^{1/2} \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

V = Kecepatan Rata-rata (m/det)

n = Koefisien Kekasaran Manning

R = Jari-jari Hidrolis (m)

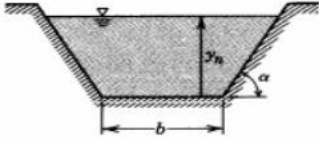
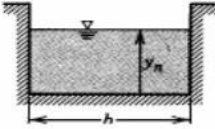
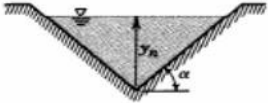
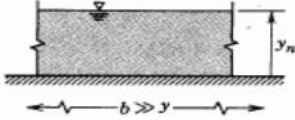
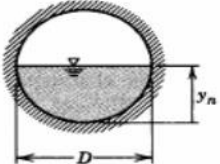
s = Kemiringan Saluran

Tabel 2.11 Nilai Koefisien Kekasaran Manning

Dinding Saluran	Kondisi	N
Kayu	Papan-papan rata, dipasang rapih	0,010
	Papan-papan rata, dipasang kurang rapih	0,012
	Papan-papan kasar, dipasang rapih	0,012
	Papan-papan kasar dipasang kurang rapih	0,014
Metal	Halus	0,010
	Dikeling	0,015
	Sedikit kurang rata	0,020
Pasangan Batu	Plesteran semen halus	0,010
	Plesteran semen dan pasir	0,012
	Beton dilapis baja	0,012
	Beton dilapis kayu	0,013
	Batu bata kosongan yang baik kasar	0,015
	Pasangan batu, keadaan jelek	0,020
Batu Kosongan	Halus dipasang rat	0,013
	Batu bongkahan, batu pecah, batu belah, batu guling, dipasang dalam semen	0,017
	Kerikil halus, padat	0,020
Tanah	Rata dalam keadaan baik	0,020
	Dalam keadaan biasa	0,0225
	Dengan batu-batu dan tumbuhan-tumbuhan	0,025
	Dalam keadaan jelek	0,035
	Sebagian terganggu oleh batu-batu atau tumbuhan	0,050

Sumber : H.A Halim Hasmar, *Drainase Terapan*, (Yogyakarta: UII Press, 2011)

Tabel 2.12 Penampang Geometrik Saluran Terbuka

Shape	Section	Optimum Geometry	Normal Depth, y_n	Cross-Sectional Area, A
Trapezoidal		$\alpha = 60^\circ$ $b = \frac{2}{\sqrt{3}}y_n$	$0.968 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.622 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Rectangular		$b = 2y_n$	$0.917 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Triangular		$\alpha = 45^\circ$	$1.297 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Wide Flat		None	$1.00 \left[\frac{(Q/b)n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	---
Circular		$D = 2y_n$	$1.00 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.583 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$

<http://web.ipb.ac.id/~erizal/hidrolika/Pendahuluan>

Keterangan :

Q = Debit pada saluran

n = Nilai koefisien kekasaran manning

2.1.13 Drainase Berwawasan Lingkungan

Menurut Sylva Yuniar (2009) pengelolaan drainase yang tidak menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan terdapat 2 pola yang dipakai:

- Pola detensi (menampung air sementara), misalnya dengan membuat kolam penampungan.
- Pola retensi (meresapkan), antara lain dengan membuat sumur resapan, bidang resapan atau kolam resapan.

2.2 Penelitian Relevan

Sebelum penelitian ini dilakukan, terdapat penelitian yang sudah terlebih dahulu mengkaji sistem drainase antara lain:

- 1) Sylvia Yuniar (2009), Kaji Ulang Sistem Drainase Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan Menggunakan Metode Pelacakan Saluran (Channel Routing).

Penelitiannya menghasilkan bahwa saluran drainase FTUI tidak dapat menampung limpasan hujan sehingga menyebabkan adanya genangan ataupun banjir, sehingga air tersebut tidak dapat mengalir karena disekitarnya tidak ada elevasi yang lebih rendah.

- 2) Nurhikmawan Abdi (1999), Perencanaan Sistem Jaringan Drainase dan Sumur Resapan Air Hujan di Daerah Pemukiman Sawangan-Bogor.

Penelitiannya menghasilkan bahwa besarnya dimensi saluran dan gorong-gorong tergantung pada debit air yang akan ditampung pada periode tertentu. Dan nilai koefisien alirannya lebih besar dibandingkan dengan nilai koefisien yang sudah dikembangkan.

- 3) Mardiana (2005), Drainase Perkotaan dengan Sistem Polder Studi Kasus Pantai Indah Kapuk.

Penelitiannya menghasilkan bahwa kecepatan aliran untuk setiap saluran sekunder kurang dari kecepatan minimum yaitu 0,762 m/s sehingga memungkinkan adanya endapan yang dapat mengurangi kapasitas saluran tersebut. Sedangkan kecepatan aliran untuk tiap saluran primer sudah melebihi kecepatan minimum.

2.3 Kerangka Berpikir

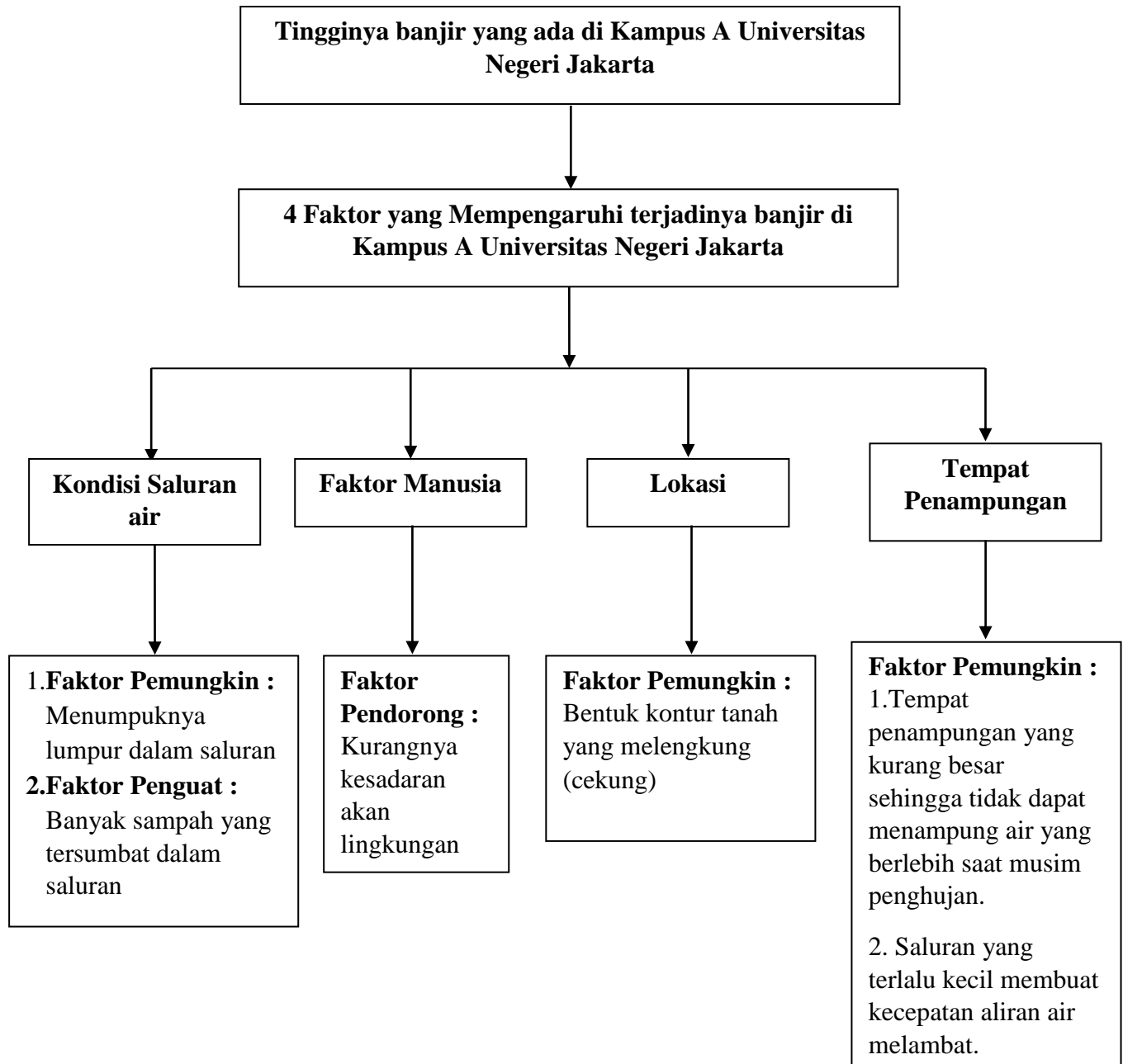
Dari faktor-faktor yang sudah dijelaskan, pada kampus A Universitas Negeri Jakarta yang mempengaruhi banjir diantaranya kondisi saluran air, faktor manusia, lokasi, dan tempat penampungan. Beberapa faktor tersebut merupakan faktor-faktor yang sangat berpengaruh akan adanya genangan/banjir.

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan ulang sistem drainase yang ada di kampus A Universitas Negeri Jakarta. Dalam pembahasan teori yang dijabarkan sebelumnya telah didapatkan mengenai perencanaan sistem drainase yang akan dilakukan di kampus A Universitas Negeri Jakarta.

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis dan survey langsung terhadap kondisi lingkungan kampus A Universitas Negeri Jakarta. Dari hasil survey lapangan tersebut apabila tidak sesuai dengan kapasitas yang diperlukan maka akan dilakukan desain ulang saluran yang ada di Universitas Negeri Jakarta.

Penelitian ini dilakukan dengan harapan bahwa kampus A Universitas Negeri Jakarta tidak lagi adanya genangan/banjir di area kampus A, dan dapat direalisasikan dengan baik oleh pihak kampus A Universitas Negeri Jakarta.

Skema kerangka berpikir berdasarkan uraian diatas adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Kerangka Berfikir

