

## BAB II

# DASAR TEORI

### 2.1 Sistem Drainase

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, drainase memiliki arti pengatusan, penyaluran air, saluran air. Menurut Suripin (2004) secara umum, drainase dapat didefinisikan sebagai tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu.

Selain itu, drainase juga dapat diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan namun juga air dari tanah. Drainase merupakan komponen atau ilmu yang dapat diterapkan dalam perencanaan kota sehingga disusunlah drainase perkotaan. Drainase perkotaan atau drainase terapan dapat diartikan sebagai penerapan dari ilmu drainase yang ada pada kawasan perkotaan berkaitan dengan kondisi lingkungan sosial dan budaya. Drainase perkotaan meliputi drainase pemukiman, industri, instansi pendidikan, rumah sakit, lapangan olahraga, lapangan parkir, instansi keamanan negara, dan pelabuhan udara (Hasmar, 2012).

Kodoatie (2005) dan Mursitaningsih (2009) mengungkapkan lebih detail mengenai fungsi dari drainage adalah sebagai berikut:

1. Membebaskan suatu wilayah dari genangan air, erosi dan banjir.
2. Memperkecil resiko terkait kesehatan lingkungan, bebas dari malaria (nyamuk) dan penyakit lainnya karena berkaitan dengan sistem drainase yang ada telah lancar dan baik
3. Menjadikan kegunaan tanah pada pemukiman padat lebih baik karena terhindar dari kelembaban
4. Dengan sistem yang baik tata guna lahan dapat dioptimalkan dan juga memperkecil kerusakan-kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan lainnya.

Suripin (2004) mengungkapkan bahwa drainase yang ada akan membentuk sebuah sistem. Sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Tujuan perencanaan drainase adalah untuk mengalirkan genangan air hujan dan air kotor hasil buangan rumah tangga. Kelebihan air atau genangan air disebabkan oleh air yang masuk dalam daerah tertentu lebih besar dari air keluar. Dalam merancang sistem drainase perkotaan terdapat kriteria-kriteria yang harus diterapkan yaitu sebagai berikut:

1. Perencanaan drainase harus mencapai fungsi-fungsi yang diinginkan yaitu sebagai penampang, pembagi dan pembuang air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil.
2. Pemilihan dimensi drainase harus diperkirakan keamanan dan nilai ekonomisnya.
3. Perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonomis dari pemeliharaan sistem drainase.

## **2.2 Analisis Hidrologi**

### **2.2.1 Perhitungan Periode Ulang Curah Hujan**

Menurut Bappeda Kota Balikpapan (2006) periode ulang curah hujan untuk daerah pemukiman dipilih hujan rencana dengan periode ulang 5 sampai 15 tahun. Daerah pusat pemerintahan yang penting, daerah komersil, dan daerah padat dengan nilai ekonomi tinggi dengan periode ulang 10 sampai 50 tahun. Perencanaan gorong-gorong jalan raya dan lapangan terbang periode ulang 3 sampai 15 tahun. Perencanaan pengendalian banjir pada sungai periode ulang 25-50 tahun.

Dalam perencanaan saluran drainase kawasan Institut Teknologi Kalimantan, periode ulang curah hujan yang digunakan bergantung dengan jenis salurannya. Penggunaan periode ulang untuk perencanaan saluran dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Periode Ulang berdasarkan Jenis Saluran

Jenis Saluran	Periode Ulang (Tahun)
Kwarter	1
Tersier	2

Sekunder	5
Primer	10

Sumber: Wesli, 2008

### 2.2.2 Perhitungan hujan rerata daerah pematusan

Dalam menentukan hujan rerata ada tiga cara yang dilakukan yaitu cara rata-rata Aritmatik, cara rata-rata Poligon Thiesen dan cara Isyohiet. Dari ketiga cara tersebut cara rata-rata Aritmatik dan cara rata-rata Poligon Thiesen adalah yang paling sering digunakan di Indonesia. Dalam perencanaan tugas akhir ini metode rata-rata Aritmatik adalah perhitungan hujan rerata yang digunakan.

#### A. Rata-rata Aritmatik

Metode rata-rata Aritmatik digunakan dengan cara menghitung rata-rata curah hujan dari stasiun yang terdekat. Rumus yang digunakan untuk metode ini adalah

$$R_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (2.1)$$

Keterangan:

$R_x$  = curah hujan rata rata daerah pematusan (mm)

$n$  = jumlah stasiun hujan

$R_i$  = curah hujan di stasiun hujan ke-i (mm)

Sumber: Suripin, 2014

### 2.2.3 Analisis Frekuensi Hujan

Analisis frekuensi hujan merupakan sebuah prosedur yang digunakan untuk memperkirakan frekuensi suatu kejadian yang dalam konteksnya adalah kejadian hujan pada masa lalu dan masa yang akan datang. Analisis frekuensi hujan dimaksudkan untuk menentukan jenis distribusi yang sesuai dalam mendapatkan curah hujan rencana yang diperoleh dari parameter statistik yang ada. Dalam analisis frekuensi curah hujan, beberapa distribusi probabilitas yang sering digunakan untuk memperoleh nilai curah hujan rencana, distribusi tersebut antara lain:

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal

### 3. Distribusi Gumbel

### 4. Distribusi Log Pearson Type III

Penentuan jenis distribusi probabilitas dilakukan dengan mencocokkan parameter data dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Persyaratan Parameter untuk distribusi

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$C_s = 0$
	$C_k = 3$
Log Normal	$C_s = 0,063$
	$C_k = 5,383$
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$
Pearson Type III	<i>Flexibel</i>
Log Pearson Type III	$C_s \leq 9$
	$C_k = 1,5 \times C_s + 3$

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2010

Masing-masing distribusi memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data curah hujan harus diuji kesesuaiannya dengan sifat dari masing-masing distribusi tersebut. Setiap distribusi memiliki parameter statistik diantaranya terdiri dari:

$C_v$  = Koefisien variasi

$C_k$  = Koefisien ketajaman

$C_s$  = Koefisien kemencengan

Ketiga parameter diatas dapat dicari berdasarkan rumus:

#### A. Nilai rata-rata (*mean*):

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.2)$$

Dengan:

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

$X$  = Data dalam sampel

$n$  = Jumlah pengamatan

Sumber: Soewarno, 1995

#### B. *Standart Deviation* (Deviiasi Standar)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

Dengan:

- S = Deviasi Standar
- X<sub>i</sub> = Data ke-i
- n = Jumlah pengamatan
- $\bar{X}$  = Nilai rata-rata

Sumber: Soewarno, 1995

### C. Koefisien Variasi (*Coefficient of Variation*)

Koefisien Variasi adalah perbandingan nilai antara deviasi standar dengan nilai rata-rata suatu distribusi. Koefisien Variasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.4)$$

Dengan:

- Cv = Koefisien Variasi
- S = Deviasi Standar
- $\bar{X}$  = Nilai rata-rata

Sumber: Soewarno, 1995

### D. Koefisien Kemencengan (*Coefficient of Skewness*)

Koefisien Kemencengan adalah nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan mengukur seberapa besar ketidak simetrisan atau kemencengan dari suatu kurva frekuensi. Ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan yang dihitung menggunakan rumus:

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.5)$$

Dengan:

- Cs = Koefisien kemencengan
- X<sub>i</sub> = Data ke-i

- $\bar{X}$  = Nilai rata-rata  
 n = Jumlah pengamatan  
 S = Deviasi Standar

Sumber: Soewarno,1995

**E. Koefisien Ketajaman (*Coefficient of Kutosis*)**

Koefisien ketajaman adalah nilai untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien ketajaman dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \tag{2.6}$$

Dengan:

- Ck = Koefisien ketajaman  
 Xi = Data ke-i  
 $\bar{X}$  = Nilai rata-rata  
 n = Jumlah pengamatan  
 S = Deviasi Standar

Sumber: Soewarno,1995

**2.2.4 Analisis Distribusi Frekuensi Hujan**

Ilmu statistik terdapat banyak jenis distribusi frekuensi dan didalam ilmu hidrologi dan hidrolika digunakan empat jenis distribusi frekuensi. Empat jenis frekuensi tersebut adalah sebagai berikut:

**A. Distribusi Normal**

Distribusi normal atau kurva normal sering disebut pula distribusi *Gauss*. Cara perhitungan dalam menggunakan distribusi normal adalah sebagai berikut:

$$Xt = \bar{X} + k.s \tag{2.7}$$

Dengan:

- Xt = Curah hujan rencana periode ulang 1 tahun (mm)  
 $\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata (mm)  
 S = Deviasi standar

K = Faktor sifat dari Distribusi normal yang merupakan faktor dari peluang dan periode ulang (Nilai Reduksi *Gauss*). Nilai K terdapat pada Tabel 2.3

Sumber: Soewarno, 1995

Tabel 2.3 Nilai variabel Reduksi *Gauss*

No.	Periode Ulang, T ( tahun)	Peluang	K (Reduksi <i>Gauss</i> )
1	1.001	0.999	-3.05
2	1.005	0.995	-2.58
3	1.010	0.990	-2.33
4	1.050	0.950	-1.64
5	1.110	0.900	-1.28
6	1.250	0.800	-0.84
7	1.330	0.750	-0.67
8	1.430	0.700	-0.52
9	1.670	0.600	-0.25
10	2.000	0.500	0
11	2.500	0.400	0.25
12	3.330	0.300	0.52
13	4.000	0.250	0.67
14	5.000	0.200	0.84
15	10.000	0.100	1.28
16	20.000	0.050	1.64
17	50.000	0.020	2.05
18	100.000	0.010	2.33
19	200.000	0.005	2.58
20	500.000	0.002	2.88
21	1000.000	0.001	3.09

Sumber: Bonnier, 1980

Tabel 2.2 menjelaskan semakin besar tahun tinjauan kala ulang hujan, maka semakin kecil nilai Reduksi *Gauss* yang berpengaruh.

## B. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan distribusi normal yang mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritmik. Metode log normal digambarkan sebagai persamaan garis lurus sehingga dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\text{Log}X_t = \overline{\text{Log}X_t} + Kt + S_{\log X} \quad (2.8)$$

Dengan:

$X_t$  = Logaritma curah hujan periode waktu tertentu

$\overline{\text{Log}X_t}$  = Rata-rata logaritma curah hujan

$S_{\text{Log}X}$  = Deviasi standar logaritma curah hujan

$Kt$  = Faktor sifat dari nilai CV. Nilai  $Kt$  terdapat pada Tabel 2.4

Sumber: Soewarno, 1995

Tabel 2.4 Faktor sifat dari nilai CV untuk metode log normal

T (tahun)	Kt	T (tahun)	Kt	T (tahun)	Kt
1	-1.86	20	1.89	90	3.33
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
14	1.57	85	3.28	240	4.33
15	1.63	90	3.33	260	4.42

Sumber: CD Soemarto, 1999

Tabel 2.4 menjelaskan nilai  $Kt$  akan semakin besar apabila frekuensi tahun hujan yang digunakan semakin besar. Nilai  $Kt$  akan di substitusi ke persamaan 2.8 untuk mendapatkan nilai logaritma curah hujan.

### C. Distribusi Log Pearson Tipe III

Distribusi log pearson tipe III adalah fungsi probabilitas yang dapat dipakai hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tiga parameter yang paling penting dalam distribusi log pearson tipe III adalah harga rata-rata, simpangan baku dan koefisien kemencengan. Distribus log pearson dapat kembali menjadi distribusi log

normal jika koefisien kemencengan sama dengan nol. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\overline{\text{Log}Xt} = \overline{\text{Log}Xt} + Kt + S_{\text{log}X} \quad (2.9)$$

Dengan:

Log Xt = Logaritma curah hujan periode waktu tertentu

$\overline{\text{Log}Xt}$  = Rata-rata logaritma curah hujan

$S_{\text{Log}X}$  = Deviasi standar logaritma curah hujan

K = Faktor sifat dari nilai CS dan nilai probabilitas kejadian.

Nilai K didapatkan dari nilai kemencengan dan probabilitas kejadian. Nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut

Sumber: Soewarno, 1995.

Tabel 2.5 Nilai K untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

Kemencengan	Waktu balik dalam tahun (Probabilitas kejadian)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
Cs	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.360	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.97	7.250
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.450	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	5.900
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.650
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.99	5.390
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.217	3.828	5.110
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.390
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.100
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.690
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.810
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.520
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-0.017	0.836	1.382	1.785	2.107	2.400	2.67	3.230
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090

Kemencengan	Waktu balik dalam tahun (Probabilitas kejadian)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
-0.1	0.017	0.836	1.270	1.761	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	0.999	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.448	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.033
-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	1.197	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	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	0.779	0.8	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber: Soewarno, 1995



www.itk.ac.id

#### D. Distribusi Gumbel

Distribusi gumbel digunakan dalam perhitungan analisis data maksimum seperti analisis frekuensi banjir. Untuk mendapatkan nilai distribusi gumbel persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + k \cdot S \quad (2.10)$$

$$k = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad (2.11)$$

$$Y_T = -\ln \left( -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right) \quad (2.12)$$

Dengan:

$Y_n$  = *Reduced mean* yang tergantung dengan jumlah sampel. Nilai  $Y_n$  dapat dilihat pada Tabel 2.5

$S_n$  = *Reduced Standard deviation* tergantung dengan jumlah sampel. Nilai  $S_n$  dapat dilihat pada Tabel 2.5

$Y_T$  = *Reduced variate* dapat diperoleh menggunakan 2 cara, dengan menggunakan persamaan 2.13 atau menggunakan Tabel 2.6

Sumber: Suripin, 2004.

Nilai-nilai diatas dicari menggunakan tabel berikut ini:

Tabel 2.6 Nilai  $Y_n$  dan  $S_n$  terhadap besarnya probabilitas kejadian

<b>n</b>	<b>Y<sub>n</sub></b>	<b>S<sub>n</sub></b>	<b>n</b>	<b>Y<sub>n</sub></b>	<b>S<sub>n</sub></b>	<b>n</b>	<b>Y<sub>n</sub></b>	<b>S<sub>n</sub></b>
<b>10</b>	0.4952	0.9496	<b>44</b>	0.546	1.499	<b>78</b>	0.56	1.192
<b>11</b>	0.4996	0.9676	<b>45</b>	0.547	1.1519	<b>79</b>	0.56	1.192
<b>12</b>	0.504	0.9833	<b>46</b>	0.548	1.1538	<b>80</b>	0.56	1.194
<b>13</b>	0.5035	0.9971	<b>47</b>	0.547	1.1557	<b>81</b>	0.56	1.195
<b>14</b>	0.51	1.0095	<b>48</b>	0.548	1.1574	<b>82</b>	0.56	1.195
<b>15</b>	0.5128	1.0206	<b>49</b>	0.548	1.159	<b>83</b>	0.56	1.196
<b>16</b>	0.5157	1.0316	<b>50</b>	0.549	1.1607	<b>84</b>	0.56	1.197
<b>17</b>	0.5181	1.0411	<b>51</b>	0.549	1.1623	<b>85</b>	0.56	1.197
<b>18</b>	0.5202	1.0493	<b>52</b>	0.549	1.1638	<b>86</b>	0.56	1.199
<b>19</b>	0.522	1.0565	<b>53</b>	0.55	1.1658	<b>87</b>	0.56	1.199
<b>20</b>	0.5236	1.0628	<b>54</b>	0.55	1.1667	<b>88</b>	0.56	1.199
<b>21</b>	0.5252	1.0696	<b>55</b>	0.55	1.1181	<b>89</b>	0.56	1.2
<b>22</b>	0.5268	1.0754	<b>56</b>	0.551	1.1696	<b>90</b>	0.56	1.201
<b>23</b>	0.5283	1.0811	<b>57</b>	0.551	1.1708	<b>91</b>	0.56	1.201

<b>n</b>	<b>Yn</b>	<b>Sn</b>	<b>n</b>	<b>Yn</b>	<b>Sn</b>	<b>n</b>	<b>Yn</b>	<b>Sn</b>
24	0.5296	1.0864	58	0.552	1.1721	92	0.56	1.202
25	0.5309	1.0915	59	0.552	1.1734	93	0.56	1.203
26	0.532	1.0861	60	0.552	1.1747	94	0.56	1.203
27	0.5332	1.1004	61	0.553	1.1759	95	0.56	1.204
28	0.5343	1.1047	62	0.553	1.177	96	0.56	1.204
29	0.5353	1.1086	63	0.553	1.1782	97	0.56	1.205
30	0.5362	1.1124	64	0.554	1.1793	98	0.56	1.206
31	0.5371	1.1159	65	0.554	1.803	99	0.56	1.206
32	0.538	1.1193	66	0.554	1.1814	100	0.56	1.207
33	0.538	1.1226	67	0.554	1.1824			
34	0.5396	1.255	68	0.555	1.1834			
35	0.5402	1.1287	69	0.555	1.1844			
36	0.541	1.1313	70	0.555	1.1854			
37	0.5418	1.1339	71	0.552	1.1854			
38	0.5424	1.1363	72	0.56	1.187			
39	0.543	1.1388	73	0.56	1.188			
40	0.5436	1.1413	74	0.56	1.19			
41	0.544	1.1436	75	0.56	1.191			
42	0.545	1.1458	76	0.56	1.192			
43	0.545	1.148	77	0.56	1.193			

Sumber: Suripin,2004

Tabel 2.7 Nilai  $Y_T$  untuk metode gumbel

<b>Periode ulang</b>	<b>Reduced Variate</b>
2	0.3668
5	1.5004
10	2.2510
20	2.9709
25	3.1993
50	3.9028
100	4.6012
200	5.2969
250	5.5206
500	6.2149
1000	6.9087
5000	8.5188

Sumber: Suripin,2004

### 2.2.5 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi adalah uji untuk menentukan kesesuaian distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang. Uji kesesuaian distribusi dilakukan untuk mengetahui jenis metode yang paling sesuai dengan data debit ataupun data hujan. Uji kesesuaian distribusi dapat menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistic sampel data yang dianalisis (Soewarno, 1995).

Uji kesesuaian distribusi terbagi menjadi dua uji keselarasan, yaitu Uji *Chi-Kuadrat* dan Uji *Smirnov Kolmogorof*. Penjelasan dari kedua uji tersebut adalah sebagai berikut:

#### A. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat memiliki prosedur dengan mengurutkan data pengamatan kemudian mengelompokkan data menjadi *sub-group*. Data yang terdapat pada *sub-group* dijumlahkan untuk mendapatkan nilai yang dicari. Persamaan Uji chi-kuadrat juga dapat dilakukan dengan membandingkan nilai *chi square* ( $X^2$ ) dengan nilai *chi square kritis* ( $X^2_{cr}$ ). Uji chi kuadrat dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X^2 = \sum_{t=1}^N \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \quad (2.13)$$

Dengan:

$X^2$  = Nilai *Chi Square* hitung

$Ef$  = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelas

$Of$  = Frekuensi terbaca pada kelas yang sama

$N$  = Jumlah *sub-group*

Sumber: Soewarno, 1995

Suatu distribusi distribusi dapat dikatakan selaras apabila nilai  $X^2$  yang diperoleh lebih kecil dari nilai  $X^2_{cr}$ . Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (2.14)$$

Dengan:

DK = Derajat kebebasan

K = Jumlah kelas

$\alpha$  = Banyaknya ketertarikan untuk uji Chi-Kuadrat yang besarnya adalah 2

www.itk.ac.id

Sumber: Soewarno, 1995

Dengan memperoleh nilai derajat kebebasan dari persamaan 2.15 didapatkan nilai  $X^2$  dengan menggunakan Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Nilai kritis untuk uji Chi Kuadrat

DK	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	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	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	27.488	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	28.845	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	30.191	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	31.526	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.41	32.852	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	34.170	39.932	41.401
22	8.643	9.452	10.982	12.338	33.924	35.479	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	36.781	41.683	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	38.076	42.980	44.181
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	39.364	42.980	45.558
26	11.160	12.198	13.884	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

<b>29</b>	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
<b>30</b>	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

Sumber: *Soewarno, 1995*



[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

Tabel 2.7 menjelaskan bahwa nilai  $X^2$  dapat diperoleh jika nilai derajat kepercayaan dan banyak nya ketertarikan telah didapatkan melalui perhitungan pada persamaan 2.15.

### B. Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji Smirnov-Kolmogorof dapat disebut juga dengan uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan peluang setiap data antara distribusi pengamatan dan distribusi teoritis. Uji smirnov-kolmogorof dilakukan dengan mengurutkan data yang ada dari besar ke kecil atau sebaliknya. Dari hasil tersebut ditentukan selisih terbesar antara peluang dari pengamatan dan peluang dari teoritis dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D = \text{Maks} |P(X_m) - P'(X_m)| \quad (2.15)$$

$$P(X_m) = \frac{1}{Tr} \quad (2.16)$$

$$P'(X_m) = \frac{m}{1+n} \quad (2.17)$$

Dengan:

$P(X_m)$  = Posisi data X menurut distribusi teoritis

$P'(X_m)$  = Posisi data X menurut distribusi pengamatan

Sumber: Suripin, 2004

Nilai kritis  $D_0$  dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.9 Nilai kritis  $D_0$  untuk uji Smirnov Kolmogorof

Jumlah Data (n)	$\alpha$			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24

Jumlah Data (n)	$\alpha$			
	0.2	0.1	0.05	0.01
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	$\frac{1.07}{N^{0.5}}$	$\frac{1.22}{N^{0.5}}$	$\frac{1.36}{N^{0.5}}$	$\frac{1.63}{N^{0.5}}$

Sumber: Bonnier,1980

### 2.2.6 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Hujan memiliki sifat umum yaitu nilai intensitas hujan berbanding terbalik dengan waktu hujannya. Dijelaskan bahwa semakin singkat hujan berlangsung maka intensitas hujan ka semakin tinggi dan semakin besar periode ulangnya maka semakin tinggi intensitasnya. Intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan dapat dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF = *Intensity-Duration-Frequency Curve*). (Suripin,2004).

Intensitas curah hujan dilambangkan dengan huruf I, artinya tinggi hujan yang terjadi dengan kurun waktu satu jam. Umumnya semakin lama durasi hujan maka semakin kecil intensitas hujan nya dengan satuan mm/jam. Data hujan yang didapatkan hanya data hujan harian sehingga dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis menghitung intensitas hujan dengan menggunakan rumus Dr. Mononobe. Rumus Dr.Mononobe memiliki persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (2.18)$$

Dengan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Waktu konsentrasi hujan (jam)

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Sumber: Suripin,2004

### 2.2.7 Waktu Konsentrasi (t<sub>c</sub>)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh limpasan hujan untuk mengalir dari titik terjauh menuju *inlet*. Besar kecilnya nilai intensitas hujan sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya debit (Q) pada saluran yang akan berpengaruh

terhadap dimensi saluran. Metode yang digunakan untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus *Kirpich (1940)*. Waktu konsentrasi dibagi menjadi dua yaitu waktu pengaliran untuk lahan atau *overland flow* ( $T_0$ ) dan waktu pengaliran pada saluran ( $T_f$ ).

#### A. Waktu pengaliran pada lahan ( $T_0$ )

Waktu pengaliran pada lahan adalah waktu yang dibutuhkan oleh limpasan hujan untuk mengalir pada permukaan menuju titik saluran terdekat. Persamaan yang digunakan untuk mengukur lamanya pengaliran pada tanah menggunakan persamaan Kirby sebagai berikut:

$$T_0 = 1.44 \times \left( nd \times \frac{1}{\sqrt{s}} \right)^{0.467} \quad (2.19)$$

Dengan:

I = Jarak dari titik terjauh menuju *inlet*

s = Kemiringan medan

nd = Koefisien setara koefisien kekasaran. Nilai nd dapat dilihat pada Tabel 2.9

*Sumber: Suripin, 2004*

Tabel 2.10 Nilai hambatan terhadap jenis permukaan

No.	Kondisi Lapisan Permukaan	nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0.013
2	Permukaan licin dan kedap air	0.02
3	Permukaan licin dan kokoh	0.1
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0.2
5	Padang rumput	0.4
6	Hutan gundul	0.6
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai padat	0.8

*Sumber: Sofia F dan Sofyan R, 2006*

Tabel 2.9 menjelaskan bahwa nilai n bergantung dengan kondisi lapisan permukaan dimana kondisi permukaan yang tertutup oleh tanaman membuat hambatan untuk air mengalir semakin besar sehingga nilai n nya akan semakin besar pula.

## B. Waktu pengaliran pada saluran ( $T_f$ )

Waktu pengaliran pada saluran yaitu waktu yang dibutuhkan oleh limpasan yang ada di saluran untuk mengalir dari satu titik ke titik lainnya. Waktu yang diperlukan untuk limpasan mengalir pada saluran menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_f = \frac{L}{v} \quad (2.20)$$

Dengan:

L = Panjang saluran lintasan limpasan (m)

V = Kecepatan aliran limpasan didalam saluran (m/detik)

Sumber: *Suripin,2004.*

Waktu konsentrasi didapatkan dengan menjumlah waktu pengaliran limpasan pada lahan dan waktu pengaliran pada saluran. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

Dengan:

$t_c$  = Waktu konsentrasi

$t_0$  = Waktu pengaliran limpasan pada lahan

$t_f$  = Waktu pengaliran pada saluran

Sumber: *Suripin,2004*

### 2.2.8 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran adalah faktor yang berpengaruh terhadap kehilangan air. Nilai koefisien pengaliran pada suatu permukaan tidak dapat disamakan besarnya, sehingga nilai koefisien pengaliran diambil rata-rata dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{C} = \frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A} \quad (2.22)$$

Dengan:

$C_i$  = koefisien pengaliran yang dapat dilihat pada Tabel 2.10

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

Sumber: *Triadmodjo,2008*

Tabel 2.11 Harga koefisien pengaliran

Komponen Lahan	Koefisien C (%)
Perkerasan:	
-Aspal dan Beton	0.70 – 0.95
-Bata atau paving	0.70 – 0.85
Atap	
Lahan berumput:	
Tanah berpasir, -landai (2%)	0.05 – 0.10
-curam (7%)	0.10 – 0.15
Daerah perdagangan:	
-Penting, padat	0.70 – 0.95
-Kurang padat	0.50 – 0.70
Area pemukiman:	
-Perumahan tunggal	0.30 – 0.50
-Perumahan kopel berjauhan	0.40 – 0.60
-Perumahan kopel berdekatan	0.60 – 0.75
-Perumahan pinggir kota	0.25 – 0.40
-Apartemen	0.50 – 0.70
Area industri:	
-Ringan	0.50 – 0.80
- Berat	0.60 – 0.90
Taman dan makam	0.10 – 0.35
Taman bermain	0.20 – 0.35
Halaman jalan kereta api	0.20 – 0.35
Lahan longsor/terlantar	0.10 – 0.30

Sumber: *American Society of Civil Engineering and the Water Pollution Control Federation, 1969*

### 2.2.9 Analisis Debit Limpasan Hujan

Debit limpasan air hujan diartikan sebagai volume air hujan per satuan waktu yang tidak masuk kedalam tanah (*infiltrasi*) sehingga mengalir kedalam saluran drainase. Komponen dari debit air limpasan meliputi koefisien pengaliran (*c*), intensitas hujan (*I*) dan luas daerah tangkapan (*A*).

Metode yang sering digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan adalah metode rasional karena metode ini sangat sederhana. Parameter yang digunakan dalam metode ini adalah intensitas hujan, durasi hujan, luas DAS, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi, tampungan permukaan) dan konsentrasi aliran. Metode rasional dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \quad (2.23)$$

Dengan:

Q = Debit puncak oleh hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m<sup>3</sup>/det)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan (km<sup>2</sup>)

C = Koefisien pengaliran

Sumber: *I made Kamiana, 2011*

## 2.3 Analisis Hidrolika

### 2.3.1 Kapasitas Saluran

Kapasitas saluran adalah debit maksimum yang dapat ditampung oleh penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit rencana mampu ditampung oleh saluran tanpa terjadi luapan. (*Anggrahini, 1996*)

Kapasitas saluran dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} A \quad (2.24)$$

Dengan:

Q = Debit saluran (m<sup>3</sup>/detik)

n = Koefisien kekasaran Manning

R = Jari-jari hidrolis saluran

I = Kemiringan saluran

A = Luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)

Sumber: *Kementrian Pekerjaan Umum, 2006*

### 2.3.2 Penentuan Koefisien Kekasaran Saluran (n)

Koefisien kekasaran saluran dapat ditentukan melalui bahan/material saluran, jenis sambungan, material padat yang terangkut dan yang terendap dalam saluran, akar tumbuhan, aligment lapisan penutup (pipa), umur saluran dan aliran lateral yang mengganggu

Koefisien kekasaran Manning pada suatu saluran tidak selalu sama. Nilai n bervariasi meskipun berada di penampang yang sama.

Tabel 2.12 Harga Koefisien Manning (n)

Tipe Saluran	Harga n
Saluran dari pasangan batu tanpa plengsengan	0.025
Saluran dari batu	0.025
Saluran alam dengan rumput	0.020
Saluran dari beton	0.017
Saluran dari pasangan batu dengan plengsengan	0.015

Sumber: Bappeda Kota Balikpapan, 2006

### 2.3.3 Kecepatan Air Saluran

Dalam perencanaan sistem drainase kecepatan aliran di saluran memiliki batas maksimum dan minimum yang harus memenuhi syarat yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan. Batas minimum kecepatan aliran di saluran adalah 0.6 m/s, untuk batas maksimum kecepatan aliran di saluran dilihat pada Tabel 2.13

Tabel 2.13 Batas Maksimum Kecepatan Aliran di Saluran

Material Saluran	$V_{\max}$ (m/s)
Tanah	0.7
Pasangan Batu Kali	2
Beton	3

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.12, 2014

### 2.3.4 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah jarak vertikal dari puncak saluran sampai ke permukaan air pada kondisi rencana, harga minimum tinggi jagaan berdasarkan debit banjir adalah sebagai berikut:

Tabel 2.14 Tinggi jagaan berdasarkan debit banjir

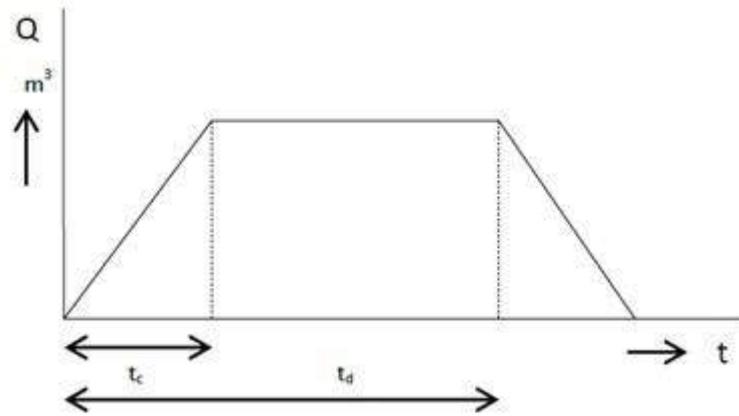
Debit ( $m^3/s$ )	Tanggul (m)	Pasangan (m)
<0.5	0.40	0.20
0.5 – 1.5	0.50	0.20
1.5 – 5.0	0.60	0.25
5.0 – 10.0	0.75	0.30
10.0 – 15.0	0.85	0.40
>15.0	1.00	0.50

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

### 2.3.5 Perencanaan Kolam Tampung dan Pintu Air

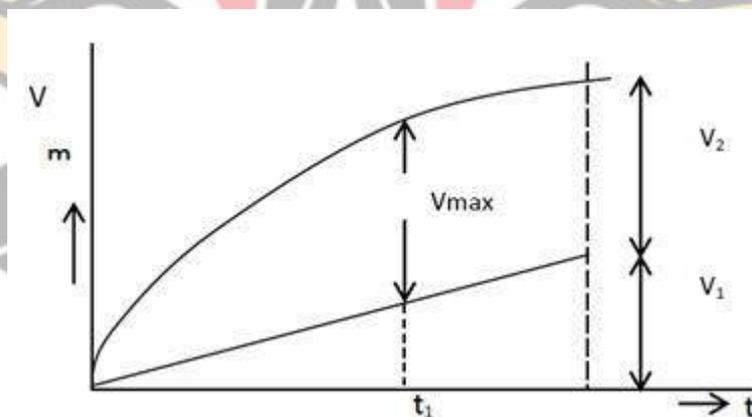
#### A. Perencanaan Kolam Tampung

Prinsip hidraulik kerja kolam tampungan meliputi hubungan antara *inflow* (aliran masuk ke kolam tampungan) dan *outflow* (aliran keluar kolam tampungan) dan *storage* (tampungan dalam kolam tampungan) air dari kolam tampungan dibuang keluar dengan bantuan pintu air dengan bukaan pintu konstan



Gambar 2.1 Hidrograf Rasional kolam tampungan

Sumber: P.Wanielista,1991



Gambar 2.2 Grafik hubungan volume *inflow* dan *outflow* terhadap waktu

Sumber: P.Wanielista,1991

Dengan:

$V$  = Volume limpasan total ( $m^3$ )

$V_1$  = Volume yang dibuang dengan bantuan pintu air ( $m^3$ )

$V_2$  = Volume akhir kolam tampungan ( $m^3$ )

$V_{max}$  = Volume maksimum kolam tampungan ( $m^3$ )

Sumber : Anggrahini,2005

## B. Perencanaan Pintu Air

Perencanaan lebar dan besar dari bukaan pintu air pada kolam tampungan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = qd \cdot A_0 \cdot \sqrt{2gh} \quad (2.25)$$

Dengan:

- Q = Debit *outflow* (m<sup>3</sup>/det)
- qd = Koefisien aliran
- A<sub>0</sub> = Luas penampang bukaan pintu air (m<sup>2</sup>)
- h = Tinggi bukaan pintu air (m)
- g = Percepatan gravitasi, 9,81 m<sup>2</sup>/det

Sumber : Kusuma,2016

Menurut KP-08 terdapat beberapa pengelompokkan pintu air berdasarkan dimensi pintu air yang disajikan pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Klasifikasi tipe pintu air

Tipe pintu air	Dimensi pintu air
Pintu <i>box</i> tersier dan kuarter sederhana	Lebar 0.5 m
Pintu sorong	Lebar 0.6 m – 0.8 m ; tinggi < 1.0 meter
Pintu sorong	Lebar 0.8 m – 1.0 m ; tinggi , 1.5 meter
Pintu sorong	Lebar 1.0 m – 1.2 m ; tinggi < 2.0 meter

Sumber : KP-08.2010

## C. Analisis Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Penelusuran banjir merupakan peramalan hidrograf dari suatu titik pada suatu aliran yang didasarkan pengamatan hidrograf di titik lain. Penelusuran banjir pada perencanaan kolam tampung menggunakan metode penelusuran waduk berfungsi untuk mendapatkan hubungan antara aliran keluar (*ouflow*) pada elevasi ambang pintu air. Penelusuran banjir dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan kontinuitas berikut:

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \quad (2.26)$$

Dengan:

- I = *Inflow* kolam tampung (m<sup>3</sup>/detik)
- Q = *Outflow* kolam tampung (m<sup>3</sup>/detik)

dS = Besar tampungan waduk/kolam tampung ( $m^3$ )

dt = Periode penelusuran (detik, jam atau hari)

Sumber : Soewarno,1995

## 2.4 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi dalam penulisan tugas akhir ini yang ditunjukkan pada Tabel 2.15

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Permasalahan	Solusi
1	Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Grand City Balikpapan (Yanti, 2013)	1. Perubahan fungsi lahan 2. Berkurangnya lahan resapan 3. Aliran air permukaan yang mengalir semakin besar	Perencanaan Sistem Drainase dan Kolam Tampung
2	Perencanaan Sistem Jaringan Drainase untuk Perumahan Baiti Jannati Sumbawa (Purnama dkk, 2016)	1. Kondisi drainase kota Sumbawa kurang baik 2. Adanya perumahan dan bangunan yang tidak memiliki saluran drainase 3. Terjadi genangan saat musim hujan	Perencanaan Sistem Jaringan Drainase
3	Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo (Kusuma, 2017)	1. Permasalahan banjir di kota Sidoarjo belum bisa teratasi 2. Perubahan fungsi lahan 3. Kapasitas drainase eksisting tidak dapat menampung limpasan air	Perencanaan Sistem Drainase dan Kolam Tampung
4	Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Borneo Paradiso Balikpapan (Sari,2016)	1. Perubahan fungsi lahan karena bertambahnya permukiman 2. Berkurangnya lahan resapan air 3. Besarnya debit limpasan	Perencanaan Sistem Drainase dan Kolam Tampung (Bendali)

Berdasarkan studi literatur dari penelitian terdahulu, penelitian ini mengambil metode untuk menganalisis debit banjir kemudian melakukan perencanaan dimensi untuk saluran drainase serta dengan mengusung konsep *ecodrainage* penulis merencanakan kolam tampung dan bukaan pintu air agar air tidak langsung dibuang ke *outlet*. Letak penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 2.17

www.itk.ac.id  
Tabel 2.17 Letak Penelitian

Sumber	Analisis Debit Banjir	Perencanaan Dimensi Saluran Drainase	Perencanaan Kolam Tampung & Pintu Air
Yanti (2013)	√	√	√
Purnama dkk (2016)	√	√	-
Sari (2016)	√	√	√
Kusuma (2017)	√	√	√
Letak Penelitian	√	√	√

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa penelitian-penelitian terdahulu memiliki aspek perencanaan yang sama dengan penelitian Tugas Akhir yang sedang dikerjakan sehingga penelitian-penelitian terdahulu mampu dijadikan referensi pengerjaan Tugas Akhir.

