

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Menurut Suripin (2004:7) dalam bukunya yang berjudul Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase 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. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

Drainase yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase disini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air dan banjir.

Kegunaan dengan adanya saluran drainase ini antara lain (Suripin, 2004) :

- a. Mengeringkan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
- b. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
- c. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
- d. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

### 2.1.1 Sistem Drainase Perkotaan

Standar dan sistem penyediaan drainase kota sistem penyediaan jaringan drainase terdiri dari empat macam, yaitu (Hasmar, 2012) :

1. Sistem drainase utama merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat kota.
2. Sistem drainase lokal merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian kecil warga masyarakat kota.
3. Sistem drainase terpisah merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan terpisah untuk air permukaan atau air limpasan.
4. Sistem gabungan merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan yang sama, baik untuk air genangan atau air limpasan yang telah diolah.

Sebagai salah satu sistem dalam perencanaan perkotaan, maka sistem drainase yang ada dikenal dengan istilah sistem drainase perkotaan. Berikut definisi drainase perkotaan (Hasmar, 2012) :

1. Drainase perkotaan yaitu ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial-budaya yang ada di kawasan kota.
2. Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi :
  - a. Permukiman
  - b. Kawasan industri dan perdagangan
  - c. Kampus dan sekolah
  - d. Rumah sakit dan fasilitas umum
  - e. Lapangan olahraga
  - f. Lapangan parkir
  - g. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi
  - h. Pelabuhan udara.

## 2.2 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahannya antara lain : keadaan zat cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah, di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi. Tanpa kita sadari bahwa sebagian besar perencanaan bangunan sipil memerlukan analisis hidrologi. Analisis hidrologi tidak hanya diperlukan dalam perencanaan berbagai bangunan air seperti : bendungan, bangunan pengendali banjir, dan bangunan irigasi, tetapi juga diperlukan untuk bangunan jalan raya, lapangan terbang, dan bangunan lainnya (Soemarto,1987).

### 2.2.1 Data Hujan

Untuk merencanakan suatu sistem drainase diperlukan data tinggi hujan tahunan. Data tinggi hujan tahunan tersebut didapatkan dari stasiun pengamatan yang terletak di sekitar kawasan penelitian perencanaan sistem drainase. Data tinggi hujan ini digunakan untuk perhitungan analisis hidrologi, dimana hasil dari analisis hidrologi tersebut akan digunakan untuk memperoleh besaran intensitas hujan yang nantinya menjadi debit maksimum yang kemungkinan dapat terjadi di lapangan.

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimal dari stasiun hujan yang ada. Kota Balikpapan hanya memiliki 1 stasiun hujan yaitu Stasiun Klas II Sepinggian. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan selama 10 tahun hingga 20 tahun.

### 2.2.2 Perhitungan Periode Ulang Curah Hujan

Periode ulang adalah waktu perkiraan dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Besarnya debit hujan untuk fasilitas drainase tergantung pada interval kejadian atau periode ulang yang dipakai. Dengan memilih debit dengan periode ulang yang panjang dan berarti debit hujan besar, maka kemungkinan terjadinya resiko kerusakan menjadi menurun, namun biaya konstruksi untuk menampung debit yang besar meningkat. Selain itu, debit dengan

periode ulang yang terlalu kecil dapat menurunkan biaya konstruksi, tetapi meningkatkan resiko kerusakan akibat banjir.

Besarnya curah hujan yang direncanakan dipilih berdasarkan pada kesesuaian kawasan yang ditinjau. Nilai periode ulang suatu kawasan yang sesuai dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Nilai Periode Ulang

<b>Daerah</b>	<b>Periode Ulang (tahun)</b>
Permukiman	5 - 15
Pusat Pemerintahan yang penting, daerah komersil, dan daerah padat dengan nilai ekonomi tinggi	10 - 50
Perencanaan gorong-gorong jalan raya dan lapangan terbang	3 - 15
Perencanaan pengendalian banjir pada sungai	23 - 50

\*) Wesli, 2008 dalam Sari, 2016

Kemudian untuk mengetahui periode ulang perencanaan saluran drainase dibedakan berdasarkan fungsi saluran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Periode Ulang untuk Perencanaan Saluran

<b>Saluran</b>	<b>Periode Ulang (tahun)</b>
Kwarter	1
Tersier	2
Sekunder	5
Primer	10

\*) Wesli, 2008 dalam Sari, 2016

Berdasarkan Tabel 2.2 di atas menunjukkan tahun penggunaan kala ulang hujan berdasarkan jenis salurannya.

### 2.2.3 Uji Parameter Statik

Soewarno (1995) mengungkapkan bahwa uji parameter statik digunakan untuk menentukan jenis distribusi frekuensi hujan. Frekuensi hujan merupakan besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Parameter

statik yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata atau *mean* ( $\bar{X}$ )
2. Deviasi standar atau *Standard deviation* (Sd)
3. Koefisien variasi atau *Coefficien of varition* (Cv)
4. Koefisien kemecengan atau *Coifficien of skewness* (Cs)
5. Koefisien ketajaman atau *Coifficien of kurtosis* (Ck)

Setiap parameter yang ada dapat dicari dengan rumus berikut :

1. Nilai rata-rata (*Mean*)

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

Dimana :

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

$X_i$  = Nilai curah hujan (mm)

n = Jumlah data curah hujan

2. Deviasi standar (*Standart Deviation*):

$$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \quad (2.2)$$

Dimana :

S = Deviasi standar curah hujan

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

$X_i$  = Nilai curah hujan (mm)

n = Jumlah data curah hujan

3. Koefisien Variasi (*Coefficien of varition*)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.3)$$

Dimana :

Cv = koefisien variasi curah hujan

S = Deviasi standar curah hujan

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

4. Koefisien Kemecengan (*Coifficien of skewness*)

Koefisien Kemecengan adalah nilai yang menunjukkan derajat

ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.4)$$

Dimana :

$C_s$  = Koefisien kemencengan curah hujan

$S$  = deviasi standar curah hujan

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

$X_i$  = Nilai curah hujan (mm)

$n$  = Jumlah data curah hujan

5. Koefisien Ketajaman (*Coifficien of kurtosis*):

Koefisien Ketajaman digunakan untuk mengukur keruncingan bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)s^4} \quad (2.5)$$

Dimana :

$C_k$  = Koefisien kurtosis curah hujan

$S$  = deviasi standar curah hujan

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

$X_i$  = Nilai curah hujan (mm)

$n$  = Jumlah data curah hujan

Penentuan jenis distribusi probabilitas, dilakukan dengan mencocokkan hasil parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Parameter Penentuan Jenis Sebaran

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k = 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1.14$ $C_k = 5.4$
4	Log Pearson Type III	Selain nilai diatas

\*) Kamiana, 2010

Tabel 2.4 Parameter Statistik

Parameter	Sampel	Populasi
Rata-rata	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$\mu = E(X)$ $= \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$
Simpangan baku (standar deviasi)	$s = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{\frac{1}{2}}$
Koefisien Variasi	$CV = \frac{s}{\bar{x}}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$
Koefisien <i>skewness</i>	$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	$\gamma = \frac{E[(x - \mu)^2]}{\sigma^3}$

\*) Suripin, 2004

Tabel 2.4 digunakan untuk mengetahui persamaan sampel dan populasi untuk setiap parameter statistik yang berbeda.

## 2.2.4 Analisis Distribusi Probabilitas

Suripin (2004) mengungkapkan terdapat beberapa jenis distribusi probabilitas sesuai dengan tabel 2.3 diatas antara lain :

### 1. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan curah hujan rencana menurut metode distribusi normal, mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad (2.6)$$

Dengan

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \quad (2.7)$$

Keterangan :

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

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

S = Deviasi standar nilai variat

$K_T$  = Faktor frekuensi

Untuk mempermudah perhitungan, nilai faktor frekuensi (KT) umumnya sudah tersedia dalam tabel, disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*), seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	$k$	Periode Ulang T (tahun)	Peluang	$k$
1.001	0.999	-3.05	3.330	0.300	0.52
1.005	0.995	-2.58	4.0	0.250	0.67
1.01	0.990	-2.33	5.0	0.200	0.84
1.05	0.950	-1.64	10	0.100	1.28
1.11	0.900	-1.28	20	0.050	1.64
1.50	0.800	-0.84	50	0.200	2.05
1.33	0.750	-0.67	100	0.010	2.33
1.43	0.700	-0.52	200	0.005	2.58
1.67	0.600	-0.25	500	0.002	2.88
2.00	0.500	0.00	1000	0.001	3.09
2.50	0.400	0.25			

\*) Suripin, 2004

## 2. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi log normal data X diubah kedalam bentuk logaritmik  $Y = \log X$ . Jika variabel acak  $Y = \log X$  terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti Distribusi Log Normal. Untuk distribusi Log Normal perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (2.8)$$

Dengan

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.9)$$

Keterangan :

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

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

S = Deviasi standar nilai variat

$K_T$  = Faktor frekuensi

## 3. Distribusi Gumbel

Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :



1. Besarnya curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.10)$$

2. Hitung standar deviasi dengan rumus :

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2.11)$$

3. Hitung besarnya curah hujan untuk periode ulang t tahun dengan rumus:

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_T - Y_n}{\sigma_n} Sd \quad (2.12)$$

Keterangan :

$X_T$  = Besarnya curah hujan untuk t tahun (mm)

$Y_T$  = Besarnya curah hujan rata-rata untuk t tahun (mm)

$Y_n$  = *Reduce mean deviasi* berdasarkan sampel n

$\sigma_n$  = *Reduce standar deviasi* berdasarkan sampel n

n = Jumlah tahun yang ditinjau

Sd = Standar deviasi (mm)

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

$X_i$  = Curah hujan maximum (mm)

Harga  $Y_n$  berdasarkan banyaknya sampel n dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 Hubungan *reduce mean* ( $Y_n$ ) dengan banyaknya sampel (n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5410	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

\*) Suripin, 2004

Tabel 2.7 Sn untuk Metode Gumbel

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2084	1.2087	1.2090	1.2093	1.2096

\*) Suripin, 2004

Tabel 2.8 *Reduced variate*, Y<sub>Tr</sub> sebagai fungsi periode ulang

Periode Ulang Tr (tahun)	Reduced Variate Y <sub>Tr</sub>	Periode Ulang Tr (tahun)	Reduced Variate Y <sub>Tr</sub>
2	0.3668	100	4.6012
5	1.5004	200	5.2969
10	2.2510	250	5.5206
20	2.9709	500	6.2149
25	3.1993	1000	6.9087
50	3.9028	5000	8.5188
75	4.3117	10000	9.2121

\*) Suripin, 2004

Pada tabel 2.6, 2.7 dan 2.8 diatas akan didapatkan harga Y<sub>n</sub>, S<sub>n</sub> dan Y<sub>Tr</sub> untuk menghitung besarnya curah hujan periode ulang

#### 4. Distribusi Pearson Tipe III

Soewarno (1995) mengungkapkan bahwa menghitung distribusi Pearson Type III dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + kS \quad (2.13)$$

Dimana :

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

S = Deviasi Standart

k = Faktor sifat dari Distribusi Pearson Tipe III

## 5. Distribusi Log Pearson Tipe III

Menghitung distribusi Log Pearson Type III yaitu dengan mengkonversikan ke dalam bentuk logaritma dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$\log X = \overline{\log X} + k(\overline{Sd \log X}) \quad (2.14)$$

Dimana besarnya nilai  $K_T$  tergantung dari koefisien kemencengan G. Tabel 2.9 memperlihatkan harga  $K_T$  untuk berbagai nilai kemencengan G. Jika nilai G sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Tabel 2.9 Nilai  $K_T$  Distribusi Log Pearson Tipe III

Koef. G	Interval kejadian (periode ulang)							
	1.0101	1.2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.892	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472

\*) Suripin, 2004

### 2.2.5 Uji Distribusi Probabilitas

Uji distribusi probabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik yang telah dianalisis. Ada dua metode pengujian distribusi probabilitas yang digunakan adalah Metode Uji Chi-Kuadrat dan Metode Smirnov-Kolmogorov (Soewarno, 1995).

## 1. Metode Uji Chi-Kuadrat

Suripin (2004) menjelaskan bahwa uji chi-kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $X^2$  yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

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

Dimana :

$X_h^2$  = Parameter chi-kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

$O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Prosedur uji chi-kuadrat adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi G sub-grup yang masing-masing beranggotakan minimal 4 data pengamatan. Tidak ada aturan yang pasti tentang penentuan jumlah kelas (grup), H.A. Sturges pada tahun 1926 mengemukakan suatu perumusan untuk menentukan banyaknya kelas, yaitu

:

$$K = 1 + 3.322 \log(n) \quad (2.16)$$

Dimana :

K = banyaknya kelas

n = banyaknya nilai observasi (data)

3. Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap-tiap sub grup,
4. Jumlahkan dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E
5. Pada tiap sub-grup hitung nilai :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.17)$$

6. Jumlah seluruh G sub-grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi-

kuadrat hitung,

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

7. Tentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - I$  (nilai R=2 untuk distribusi normal

dan binomial).

Interpretasi hasil uji adalah sebagai berikut :

1. Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila peluang berada di antara 1 – 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu penambahan data. Untuk mengetahui nilai derajat kepercayaan berdasarkan dari derajat kebebasan, dapat dilihat pada Tabel 2.10 Perhitungan distribusi akan dapat diterima apabila

$$Xh^2 < X^2 \quad (2.18)$$

Dimana :

$Xh^2$  = Parameter chi-kuadrat terhitung

$X^2$  = Nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan dan derajat kebebasan

Tabel 2.10 Nilai Kritis untuk Uji Chi-Kuadrat

Dk	Derajat kepercayaan( $\alpha$ )							
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.050	0.025	0.01	0.005
1	0.000	0.000	0.001	0.004	3.841	5.024	6.634	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	5.991	7.378	9.210	10.596
3	0.072	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.344	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.276	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.833	15.086	16.749
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.811	18.547
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.277
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.954
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.665	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	24.724	26.756
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.216	28.299
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	30.577	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	31.999	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.408	35.718
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	36.190	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.996

Dk	Derajat kepercayaan( $\alpha$ )							
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.050	0.025	0.01	0.005
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	42.795
23	9.260	10.196	11.689	13.091	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.979	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.641	48.289
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.195	46.962	49.644
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.587	52.335
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.671

\*) Soewarno, 1995

## 2. Metode Smirnov-Kolmogorov

Menurut Suripin (2004) Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Uji Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3), \text{ dan seterusnya}$$

2. Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3), \text{ dan seterusnya}$$

3. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum } (P(X_n) - P'(X_n)) \quad (2.19)$$

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan harga  $D_0$  dari Tabel 2.11.

Apabila  $D$  lebih kecil dari  $D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk

menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila D lebih besar dari  $D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2.11 Nilai kritis  $D_0$  untuk uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat kepercayaan ( $\alpha$ )			
	0.20	0.10	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	0.30	0.34	0.40
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	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$N > 50$	$1.07 / N^{0.5}$	$1.22 / N^{0.5}$	$1.36 / N^{0.5}$	$1.63 / N$

\*) Suripin, 2004

Nilai derajat kepercayaan yang didapatkan dari tabel 2.11 digunakan untuk menentukan nilai kritis  $D_0$ .

## 2.2.6 Waktu Konsentrasi ( $t_c$ )

Waktu konsentrasi adalah waktu mengalirnya air hujan disuatu wilayah dari titik terjauh sampai masuk pada saluran terdekat. Analisa waktu konsentrasi dipengaruhi oleh nilai intensitas hujan (I) yang berbanding lurus dengan besar kecilnya debit (Q) pada besar kecilnya dimensi saluran.

### 2.2.6.1 Perhitungan Kirby

Perhitungan kirby digunakan untuk pengaliran pada lahan  $t_0$  (*overland flow*) dengan persamaan sebagai berikut.

$$t_0 = 1,44 \left( nd \cdot \frac{l}{\sqrt{s}} \right)^{0,467} \quad (2.20)$$

Dengan  $l \leq 400$  m

Dimana :

$l$  = jarak dari titik terjauh ke inlet (m)

$nd$  = koefisien setara koefisien kekasaran

s = kemiringan medan

Untuk mendapatkan harga koefisien hambatan koefisien kekasaran dapat dilihat pada tabel 2.12 berikut.

Tabel 2.12 Harga Koefisien hambatan, nd

Jenis Permukaan	nd
Permukaan impervious dan licin	0.02
Tanah padat terbuka dan licin	0.10
Permukaan sedikit berumput, tanah dengan tanaman berjajar, tanah terbuka kekasaran sedang	0.20
Padang rumput	0.40
Lahan dengan pohon-pohon musim gugur	0.60
Lahan dengan pohon-pohon berdaun, hutan lebat, lahan berumput tebal	0.80

\*) *Pd.T-02-2006 Perencanaan Sistem Drainase Jalan*

Suripin (2004) mengungkapkan bahwa perhitungan waktu konsentrasi juga dapat dihitung menggunakan rumus kirpich dengan persamaan sebagai berikut :

$$tc = \left( \frac{0.87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0.385} \quad (2.21)$$

Dimana :

tc = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (km)

S = Kemiringan rata-rata daerah lintasan air

#### 2.2.6.2 Perhitungan tf

Perhitungan Perhitungan tf digunakan untuk pengaliran pada saluran dengan persamaan sebagai berikut.

$$tf = \frac{L_{saluran}}{V_{saluran}} \quad (2.22)$$

Dimana :

L = jarak dari titik terjauh ke inlet (m)

V = kecepatan aliran pada saluran (m/s)

\*) *Pd.T-02-2006 Perencanaan Sistem Drainase Jalan*



$$t_c = t_o + t_f \quad (2.23)$$

www.itk.ac.id

\*) Sofia F dan Sofyan R, 2006 dalam Margaret, 2013

### 2.2.7 Intensitas Curah Hujan Rencana

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004).

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Suripin (2004) mengungkapkan biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jamjaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.24)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$t_c$  = lamanya curah hujan (jam)

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

### 2.2.8 Koefisien Aliran Permukaan (C)

Koefisien C didefinisikan sebagai hubungan antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Koefisien C diasumsikan tidak bervariasi dengan durasi hujan. Intensitas hujan menyebabkan koefisien C tinggi, sebab infiltrasi dan kehilangan air lainnya hanya berpengaruh kecil pada limpasan. Jika suatu wilayah terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka diambil harga koefisien C rata-rata yang dapat dihitung dengan persamaan berikut (Suripin, 2004) :

www.itk.ac.id

$$C_{rata-rata} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \text{www.itk.ac.id} \quad (2.25)$$

Dimana :

$A_i$  = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i

$C_i$  = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

n = jumlah jenis penutup lahan

Nilai koefisien aliran permukaan yang merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mendapatkan harga koefisien C rata-rata dapat dilihat pada Tabel 2.13 berikut :

Tabel 2.13 Koefisien Pengaliran (C)

Komponen lahan	Koefisien C
<b>Bisnis</b>	
• Perkotaan	0.70 – 0.95
• Pinggiran	0.50 – 0.70
<b>Perumahan</b>	
• Rumah tunggal	0.30 – 0.50
• Multiunit terpisah, terpisah	0.40 – 0.60
• Multiunit, tergabung	0.60 – 0.75
• Perkampungan	0.25 – 0.40
• Apartemen	0.50 – 0.70
<b>Industri</b>	
• Ringan	0.50 – 0.80
• berat	0.60 – 0.90
<b>Perkerasan</b>	
• aspal dan beton	0.70 – 0.95
• batu bata, paving	0.50 -
<b>Atap</b>	0.75 – 0.95
<b>Halaman, tanah berpasir</b>	
• datar 2%	0.05 – 0.10
• rata-rata 2 – 7%	0.10 – 0.15
• curam 7%	0.15 – 0.20
<b>Halaman kereta api</b>	0.10 – 0.35
<b>Taman tempat bermain</b>	0.20 – 0.35
<b>Taman, pekuburan</b>	0.10 – 0.25

Komponen lahan	Koefisien C
Hutan	
• datar, 0 – 5%	0.10 – 0.40
• bergelombang, 5 – 10%	0.25 – 0.50
• berbukit 10 – 30%	0.30 – 0.60

\*) Mc Guen, 1989 dalam Suripin, 2004

### 2.2.9 Perhitungan Debit Rencana (Q)

Debit air hujan atau limpasan adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus dialirkan melalui saluran drainase. Debit banjir rencana terdiri dari tiga komponen yaitu koefisien *run off* (C), data intensitas curah hujan (I), dan *catchment area* (Aca). Analisis debit banjir rencana saluran kawasan perumahan Mentari Village Balikpapan digunakan metode rasional karena sangat simple dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS dengan ukuran kecil yaitu kurang dari 300 ha (Goldman et.al., 1986 dalam Suripin, 2004). Persamaan metode rasional dapat dilihat sebagai berikut :

$$Q = 0,278 C I A \quad (2.26)$$

Dimana :

Q = Debit banjir maksimum (m<sup>3</sup>)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan untuk periode ulang tertentu (mm/jam)

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

\*) Standar Nasional Indonesia 2415, 2016

## 2.3 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana atau kapasitas saluran terhadap debit hidrologi yang dihasilkan DAS. Untuk mengetahui besaran debit hidrolika atau saluran yang ada, maka diperlukan parameter-parameter sebagai penunjang perhitungan seperti data koefisien kekasaran, dimensi penampang, kemiringan saluran dan lain-lain.

### 2.3.1 Koefisien Kekasaran

Koefisien kekasaran pada dasar saluran dapat dilihat dari bahan/material saluran, jenis sambungan, material padat yang terangkut dan yang terendap dalam saluran, akar tumbuhan, alinyemen, lapisan penutup (pipa), umur saluran dan aliran lateral yang mengganggu aliran pada saluran. Terdapat beberapa variasi koefisien kekasaran saluran yang ada seperti pada Tabel 2.14 berikut yang memuat harga dari koefisien kekasaran.

Tabel 2.14 Koefisien Kekasaran Saluran

Material saluran	Manning n
Besi tulangan dilapis	0.014
Kaca	0.010
Saluran beton	0.022
Bata dilapis mortar	0.015
Pasangan batu disemen	0.025
Saluran tanah bersih	0.025
Saluran tanah	0.030
Saluran dengan dasar batu dantebing rumput	0.040
Saluran pada galian batu padas	0.040

\*) Triatmodjo, 2006 dalam Peraturan Menteri PU, 2014

### 2.3.2 Perhitungan Kapasitas Saluran

Untuk mengetahui kapasitas penampang apakah terjadi banjir atau tidak, maka perlu dilakukan perhitungan terhadap debit hidrolika. Kementerian Pekerjaan Umum (2006) dalam perencanaan sistem drainase jalan mengungkapkan bahwa debit hidrolika dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} A \quad (2.27)$$

Dimana :

Q = Kecepatan Aliran

n = Koefisien kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis

I = Kemiringan saluran

A = Luas penampang saluran

www.itk.ac.id

Beberapa macam penampang saluran untuk drainase

#### a. Penampang Trapesium

$$A = (b + zh)h \quad (2.28)$$

$$P = b + 2h(1 + z^2)^{1/2} \quad (2.29)$$

Dimana :

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

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi air dalam saluran (m)

z = Kemiringan tebing saluran

P = Penampang basah saluran (m)

R =  $\frac{A}{P}$ , jari-jari hidrolis penampang saluran (m)

#### b. Penampang Segiempat

$$A = b \times h \quad (2.30)$$

$$P = b + 2h \quad (2.31)$$

Dimana :

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

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi air dalam saluran (m)

P = Penampang basah saluran (m)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \cdot h}{b + 2h}, \text{ jari-jari hidrolis penampang saluran (m)} \quad (2.32)$$

Selain bentuk-bentuk penampang di atas masih banyak lagi bentuk saluran yang merupakan kombinasi dari bentuk-bentuk dasar tersebut dan dibuat sesuai dengan kebutuhannya. Bentuk penampang segiempat umumnya dipilih untuk kawasan yang memiliki lahan terbatas.

### 2.3.3 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan merupakan ruang pengamanan berupa ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran atau muka tanah

www.itk.ac.id

(pada saluran tanpa tanggul) (Dirjen Cipta Karya Kementerian PU, 2012). Harga minimum untuk tinggi jagaan berdasarkan debit banjir yang terjadi dapat dilihat pada tabel 2.15 sebagai berikut :

Tabel 2.15 Tinggi Jagaan

Debit (m <sup>3</sup> /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

\*) Kementerian PU, 2013 dalam Setiawan, 2019

Pada studi untuk menentukan banjir suatu penampang ditunjukkan dengan ketinggian air yang harus lebih rendah hingga mencapai 0.5 meter daripada tinggi penampang yang ada dikarenakan debit rencana yang mencapai lebih dari 15 m<sup>3</sup>/s. Dan konstruksi penampang dari pasangan batu atau pasangan beton.

#### 2.3.4 Drainase Ramah Lingkungan (Eko Drainase)

Drainase ramah lingkungan atau eko drainase didefinisikan sebagai upaya untuk mengelola air kelebihan (air hujan) dengan berbagai metode diantaranya dengan menampung melalui bak tendon air untuk sumber air bersih, menampung dalam tampungan buatan atau badan air alamiah. Metode lainnya dengan cara meresapkan dan mengalirkan ke sungai terdekat tanpa menambah beban pada sungai yang bersangkutan serta senantiasa memelihara sistem tersebut sehingga berdaya guna secara berkelanjutan (Dirjen Cipta Karya Kementerian PU, 2012).

Ada beberapa metode drainase ramah lingkungan yang dapat dipakai di Indonesia, diantaranya metode kolam konservasi atau kolam tampungan, metode sumur resapan, metode *river side polder* dan metode pengembangan areal perlindungan air tanah (*ground water protection area*).

1. Metode kolam konservasi dilakukan dengan membuat kolam-kolam air baik di perkotaan, permukiman, pertanian atau perkebunan. Kolam konservasi ini

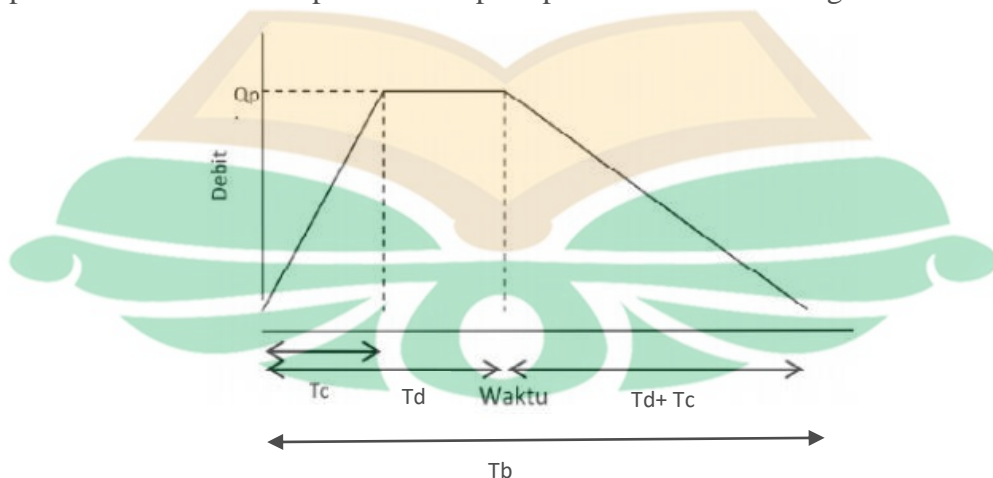
dibuat untuk menampung air hujan terlebih dahulu, diresapkan dan sisanya dialirkan ke sungai secara perlahan-lahan.

2. Metode sumur resapan merupakan metode praktis dengan membuat sumur-sumur untuk mengalirkan air hujan yang jatuh pada atap perumahan atau kawasan tertentu.
3. Metode *river side polder* adalah metode menahan aliran air dengan mengelola/menahan air kelebihan (hujan) disepanjang bantaran sungai.
4. Metode areal perlindungan air tanah dilakukan dengan cara menetapkan kawasan lindung untuk air tanah, dimana di kawasan tersebut tidak boleh dibangun bangunan apapun.

### 2.3.5 Kolam Tampungan

Sistem yang diterapkan apabila pengaliran secara gravitasi tak dapat dilakukan yang disebabkan muka air hilir lebih tinggi dari muka air di saluran. Aliran yang menuju kolam tampung ditampung sementara, sambil menunggu muka air hilir turun atau segera dibuang. Untuk menampung sementara limpasan hujan dalam suatu kawasan, sementara muka air di pembuangan akhir lebih tinggi daripada muka air di saluran, sehingga pembuangan tidak bisa berjalan secara gravitasi. Setelah muka air turun, kolam tampung dikosongkan (Sari, 2016).

Kapasitas kolam tampung yang dapat dialirkan ke kolam tampung dan perhitungan debit berdasarkan waktu konsentrasi ( $t_c$ ) dan waktu hujan efektif ( $t_d$ ) pada sistem drainase dapat dilihat seperti pada Gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 2.1 Hidrograf Satuan  
(Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi, Dinas Pekerjaan Umum)

Dimana :

$T_c$  = Waktu Konsentrasi (jam)

$T_d$  = Waktu hujan efektif (jam)

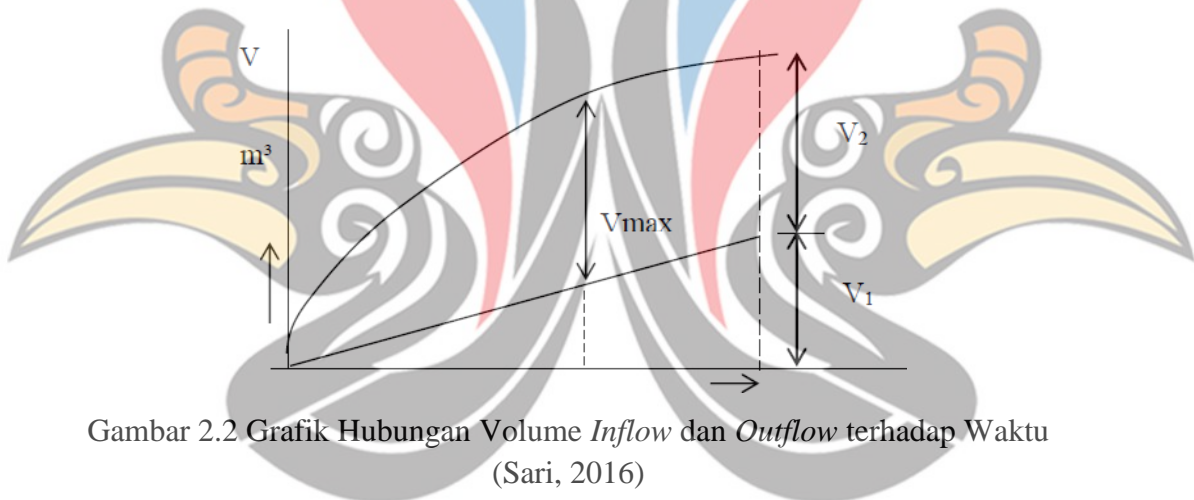
$T_b = T_d + T_c$

Waktu hujan efektif dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$T_d = 0.9 \times R^{0.92} / 60 \quad (2.33)$$

\*) Standar Nasional Indonesia 03-2453, 2002

Prinsip kerja hidrolik kolam tampungan terdiri dari hubungan antara *inflow* (I, aliran masuk ke kolam tampungan) dari saluran-saluran drainase kemudian *outflow* (O, aliran keluar kolam tampungan) dan *storage* (V, tampungan dalam kolam tampungan). Air yang berasal dari kolam tampungan dialirkan dengan bantuan pintu air dengan bukaan pintu yang konstan.



Gambar 2.2 Grafik Hubungan Volume *Inflow* dan *Outflow* terhadap Waktu (Sari, 2016)

Gambar 2.2 merupakan grafik yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara volume *inflow* dan *outflow* terhadap waktu yang tersedia dan akan didapatkan nilai volume maksimum kolam tampung yang dianalisis.

Dimana :

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

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

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

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



### 2.3.6 Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Penelusuran banjir merupakan peramalan hidrograf di suatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain. Penelusuran lewat tampungan, dimana penampungannya merupakan fungsi langsung dari aliran keluar (*outflow*), maka cara penyelesaiannya dapat ditempuh dengan cara yang lebih eksak (Soemarto, 1987).

Untuk mendapatkan berapa besarnya debit *outflow* yang keluar melewati pintu air dilakukan perhitungan *reservoir routing*. Data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Hubungan antara volume tampungan dengan elevasi muka air,
2. Hubungan antara elevasi muka air dan *outflow* serta hubungan kolam tampung dengan *outflow*,
3. Hidrograf *inflow*,
4. Nilai awal untuk variasi S, I dan Q saat  $t = 0$

Persamaan kontinuitas yang umum digunakan dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut :

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \quad (2.33)$$

Dimana :

I = Debit yang masuk ke dalam permulaan kolam tampungan atau *inflow* kolam tampung yang ditinjau ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

Q = Debit yang keluar dari akhir bagian kolam tampungan atau *outflow* kolam tampung yang ditinjau ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

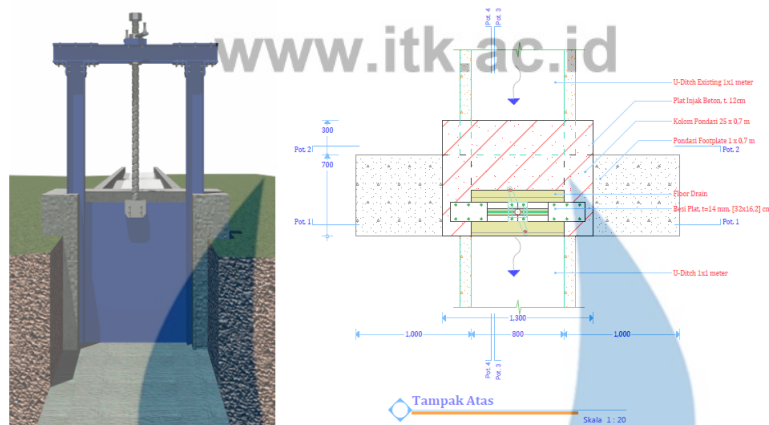
dS = Besarnya tampungan kolam tampung ( $\text{m}^3$ )

dt = Periode penelusuran (detik, jam atau hari)

### 2.3.7 Pintu Air

Pintu air dibuka saat muka air hilir (pembuangan akhir) rendah dan ditutup bila muka air hilir tinggi. Saat kapasitas saluran di hulu cukup menahan air sampai muka air hilir surut bila tidak akan meluap atau menggenang.

Perencanaan lebar dan besar bukaan pintu itu pada kolam tampung dihitung menggunakan rumus seperti berikut.



Gambar 2.3 Pintu Air

(Sipilpedia.com, 2019)

Dalam perencanaan pintu dibutuhkan gambaran mengenai bentuk dari pintu air seperti pada Gambar 2.3.

Persamaan untuk menghitung besar debit dari pintu air yang digunakan untuk aliran bebas yaitu sebagai berikut.

$$Q = C_d b a \sqrt{2 g d_1} \quad (2.34)$$

Dimana :

Q = Debit *outflow* ( $m^3/s$ )

b = lebar bukaan pintu (m)

a = tinggi bukaan pintu (m)

$d_1$  = kedalaman air hulu aliran (m)

$C_d$  = koefisien debit yang tergantung pada geometri struktur, kedalaman aliran hulu, dan kedalaman aliran hilir, dengan persamaan sebagai berikut.

$$C_d = \frac{C_v \cdot C_c}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{a \cdot C_c}{d_1}\right)^2\right)}} \quad (2.35)$$

Dimana :

$C_v$  = Koefisien kecepatan, dimana  $d_1$  merupakan kedalaman hulu aliran (m)

$$C_v = \frac{a}{d_1} \quad (2.36)$$

$C_c$  = Koefisien kontraksi, dimana  $d_2$  merupakan kedalaman hilir aliran (m)

$$C_c = \frac{d_2}{a} \quad (2.37)$$

www.itk.ac.id

Persamaan untuk menghitung besar debit dari pintu air yang digunakan untuk aliran tenggelam yaitu sebagai berikut.

$$Q = k \mu A (2 g z)^{1/2} \quad (2.38)$$

Dimana :

Q = Debit outflow (m<sup>3</sup>/s)

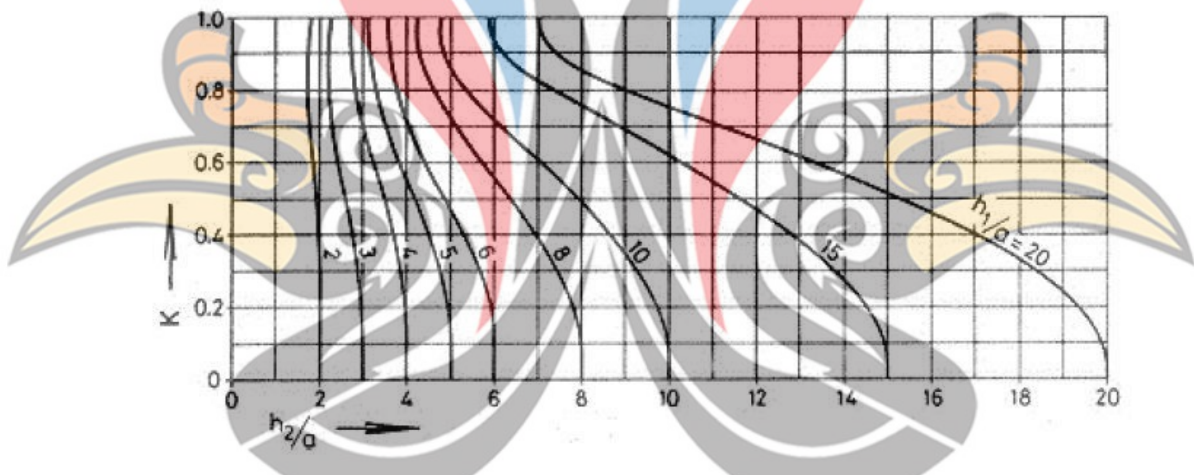
k = Faktor aliran tenggelam (Gambar 2.4)

$\mu$  = Koefisien aliran (Gambar 2.5)

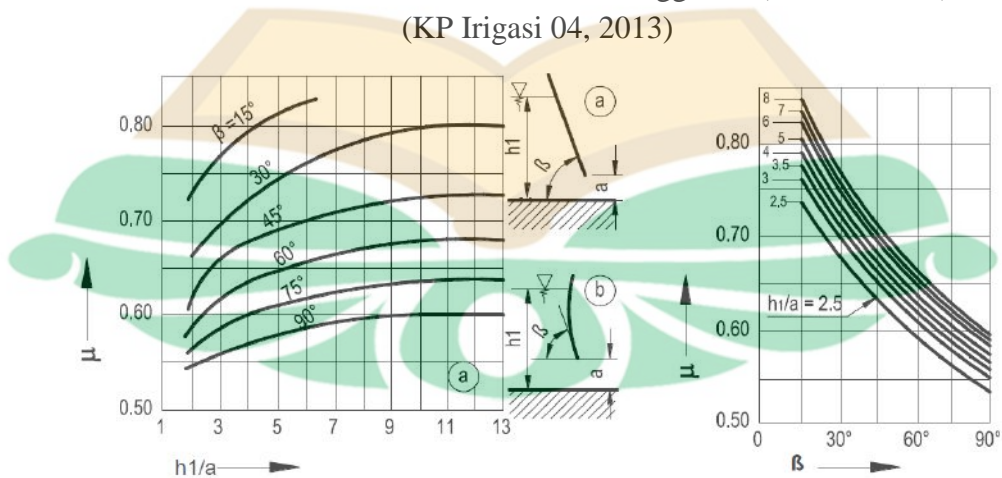
A = Luas penampang pintu air

Z = Beda tinggi air upstream dan downstream

g = Percepatan gravitasi



Gambar 2.4 Koefisien K untuk Debit Tenggelam (dari Schmid)  
(KP Irigasi 04, 2013)



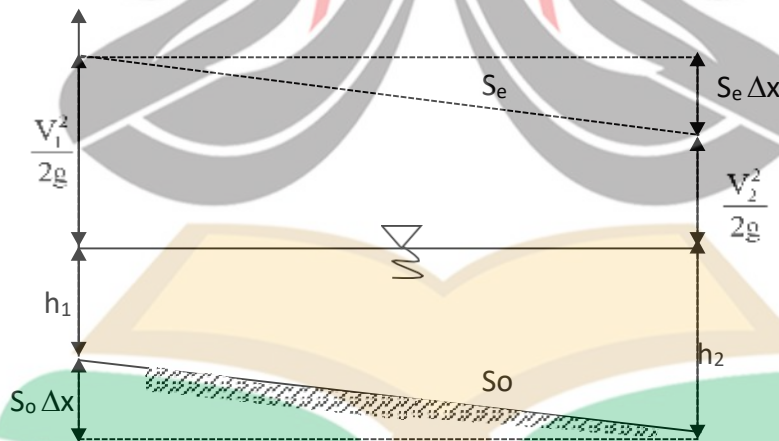
Gambar 2.5 Koefisien Debit Masuk Permukaan Pintu Datar atau Lengkung  
(KP Irigasi 04, 2013)

Dalam menghitung debit *outflow* diperlukan nilai koefisien untuk debit tenggelam serta koefisien aliran yang dapat dilihat pada gambar 2.4 dan 2.5 di atas.

### 2.3.8 Profil Air Balik (*Back Water*)

Pada saluran terkadang terdapat perubahan alur atau gangguan pada aliran. Perubahan pada alur saluran misalnya perubahan kemiringan dasar, perubahan elevasi dasar (pada terjunan), atau perubahan penampang saluran. Gangguan pada aliran antara lain oleh adanya pintu air, pelimpah atau perubahan muka air di hilirnya. Akibat perubahan dan gangguan tersebut profil muka air berubah. Hal ini perlu diperhitungkan agar saluran tetap dapat mengalirkan air buangan dan tak terjadi peluapan, serta sebagai dasar untuk menentukan bangunan pelengkap.

Metode untuk menggambarkan bentuk lengkung air balik, diantaranya Tahapan Langsung (*Direct step*). Pembahasan yang digunakan hanya untuk aliran tidak seragam berubah lambat laun (*gradually varied flow*) yang banyak ditemui dalam praktek. Sifat aliran adalah subkritis dan perhitungan dimulai dari hilir ke arah hulu. Metode yang digunakan untuk menggambarkan profil muka air adalah metode tahapan langsung.



Gambar 2.6 Sket definisi untuk perhitungan aliran tidak seragam metode langsung (Angraini, 2005 dalam Margaret, 2013)

Gambar 2.6 menjelaskan definisi dalam perhitungan aliran tidak seragam dengan menggunakan metode langsung,

$$S_o \cdot \Delta x + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = 0 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + S_e \Delta x \quad (2.39)$$

$$S_o \cdot \Delta x + E_1 = E_2 + S_e \cdot \Delta x \quad (2.40)$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_o - S_{ert}} \quad (2.41)$$

Dimana :

$S_o$  = kemiringan dasar saluran

$$S_e = \text{kemiringan energi} = \frac{V^2 n^2}{R^{4/3}} \quad (2.42)$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.43)$$

$$S_{ert} = \frac{S_{e2} + S_{e1}}{2} \quad (2.44)$$

Dimana :

$E$  = energi spesifik

$\Delta x$  = jarak

$\sum \Delta x$  = panjang pengaruh *back water*

\*) Fifi Sofiah, 2006 dalam Sari, 2016

## 2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu diharapkan dapat menjadi acuan dan referensi dalam pengerjaan tugas akhir ini. Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan tema ataupun judul yang terkait tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 2.16 berikut :

Tabel 2.16 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Hasil
1.	Rossana Margaret Kadar Yanti (2013)	Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Grand City Balikpapan	<p><b>Metode :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menghitung debit hidrologi metode rasional dan curah hujan periode ulang 2, 5, 10 tahun</li> <li>2. Menghitung dimensi saluran dengan memperhatikan debit maksimum</li> <li>3. Menghitung bangunan pelengkap (Kolam tampung dan bangunan terjun)</li> </ol> <p><b>Kesimpulan :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melalui tahap perhitungan ditentukan dasar saluran pada</li> </ol>

No	Penulis	Judul	Hasil
			<p>muka air maksimum danau agar tidak terjadi genangan</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Didapatkan lebar saluran dan debit limpasan yang membebani saluran primer kawasan perumahan</li> <li>3. Berdasarkan analisa, didapat dimensi saluran primer, sekunder, dan tersier yang berbentuk persegi serta dimensi pintu air.</li> </ol>
2.	Oryza Lhara Sari (2016)	Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Borneo Paradiso Balikpapan	<p><b>Metode :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menghitung debit hidrologi metode rasional dan curah hujan periode ulang 2, 5, 10 tahun</li> <li>2. Menghitung dimensi saluran dengan memperhatikan debit maksimum</li> <li>3. Menghitung bangunan pelengkap (Bangunan terjun, long storage, dan kolam tampung)</li> </ol> <p><b>Kesimpulan :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perencanaan sistem drainase perumahan menggunakan 2 bendali.</li> <li>2. Didapatkan besar debit limpasan yang membebani saluran primer kawasan perumahan</li> <li>3. Bentuk penampang saluran perumahan menggunakan jenis U-Ditch.</li> <li>4. Konsep eko drainase dapat memberikan solusi untuk perencanaan sistem perumahan borneo paradiso balikpapan</li> </ol>
3.	Wahyu Indra Kusuma (2016)	Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo	<p><b>Metode :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menghitung debit hidrologi metode rasional dan curah hujan periode ulang 2 dan 10 tahun</li> <li>2. Merencanakan dimensi saluran dari debit yang masuk pada saluran</li> </ol>

No	Penulis	Judul	Hasil
			<p>3. Merencanakan volume dan kedalaman kolam tampung berdasarkan debit yang keluar</p> <p><b>Kesimpulan :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Berdasarkan analisis didapatkan dimensi saluran primer, sekunder dan tersier.</li> <li>2. Didapatkan hasil analisis besar debit yang akan ditampung sementara oleh kolam tampungan.</li> </ol>
4.	Catur Afif Nugroho (2017)	Perencanaan Sistem Drainase Sub DAS Karang Mumus Hilir Kota Samarinda Kalimantan Timur	<p><b>Metode :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menghitung debit hidrologi metode nakayasu dan debit hidrolika periode ulang 5, 10, Dan 50 tahun.</li> </ol> <p><b>Kesimpulan :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perlu dilakukan normalisasi</li> <li>2. Debit banjir yang didapat bervariasi</li> <li>3. Berdasarkan debit banjir yang direncanakan, didapat dimensi saluran primer dan sekunder beserta tinggi air pada saluran.</li> <li>4. Semua saluran sekunder membutuhkan pintu air. Dibutuhkan pompa pada sungai karang mumus apabila muka air lebih tinggi dari saluran sekunder.</li> </ol>

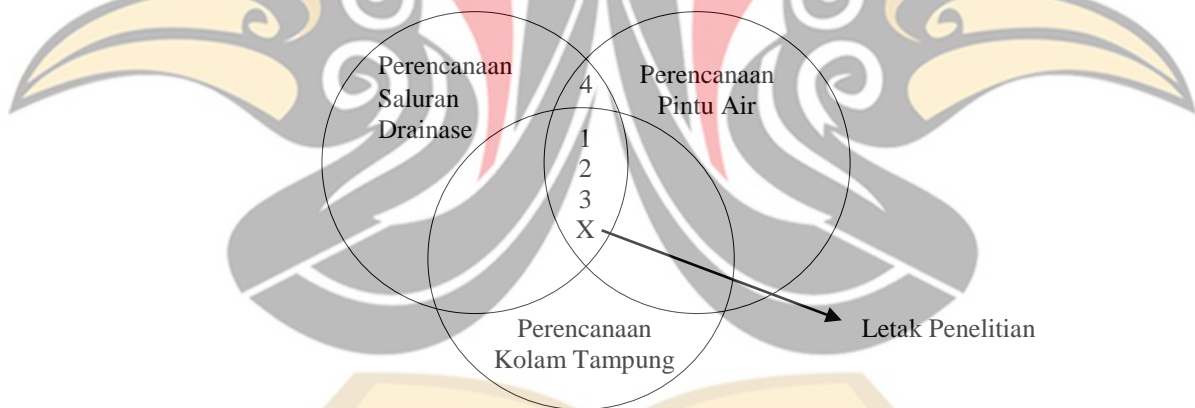
## 2.5 Posisi Penelitian

Penelitian yang dilakukan bukan merupakan penelitian pertama. Berdasarkan studi literatur terdahulu yang telah dilakukan, terdapat beberapa persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Posisi penelitian terdahulu dengan penelitian yang sedang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.17 sebagai berikut.

Tabel 2.17 Posisi Penelitian Terhadap Penelitian Terdahulu

No	Sumber	Analisis Debit Limpasan	Perencanaan Saluran Drainase	Perencanaan Kolam Tampung	Perencanaan Pintu Air
1	Rossana M (2013)	√	√	√	√
2	Oryza L (2016)	√	√	√	√
3	Wahyu I (2016)	√	√	√	√
4	Catur Afif (2016)	√	√		√
<b>X</b>	<b>Penelitian yang dilakukan</b>	√	√	√	√

Penelitian yang dilakukan menggunakan irisan dari penelitian terdahulu yang meliputi perencanaan saluran drainase, perencanaan kolam tampung, dan perencanaan pintu air. Posisi penelitian menggunakan irisan dapat dilihat pada Gambar 2.7 sebagai berikut.



Gambar 2.7 Diagram Posisi Penelitian

Berdasarkan Gambar 2.7 posisi penelitian yang dilakukan sama dengan penelitian terdahulu nomor 1,2, dan 3. Faktor yang membedakan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu adalah dari kondisi wilayah seperti topografi, tata guna lahan, luas kawasan perumahan, dan permasalahan yang ada pada kondisi eksisting perumahan.