

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air yang berasal dari hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan sehingga kawasan tersebut tidak terganggu dengan adanya genangan air. Drainase sendiri berasal dari Bahasa Inggris *drainage* yang artinya mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalirkan air. (Suripin,2004).

Dari sudut pandang yang lain, drainase perkotaan atau terapan merupakan ilmu yang dikhususkan untuk pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan social budaya yang ada di kawasan kota. Drainasi perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan. Wilayah tersebut dapat meliputi pemukiman, kawasan industri dan perdagangan, kampus dan sekolah, rumah sakit dan fasilitas umum, lapangan olah raga, lapangan parkir, instalasi militer, dan juga pelabuhan.(Halim Hasmar,2011)

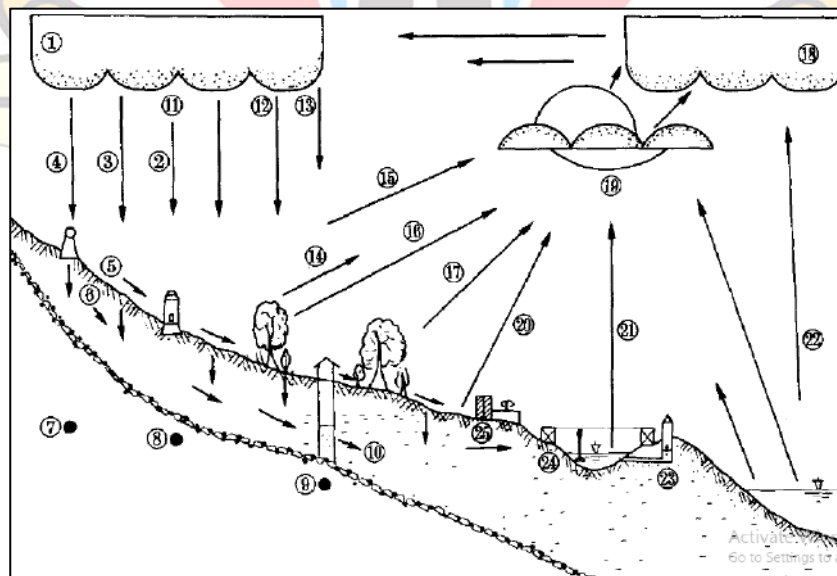
2.2 Siklus Hidrologi

Air di bumi ini terus menerus mengalami sirkulasi yang terdiri dari penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan di mana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah.

Sebagian air hujan yang tiba ke permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Tidak semua butir air yang mengalir akan tiba ke laut.. Dalam perjalanan ke laut sebagian akan menguap dan kembali ke udara. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai-sungai (disebut aliran intra

: interflow). Tetapi sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (groundwater) yang akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah-daerah yang rendah (disebut groundwater runoff: limpasan air tanah).

Jadi sungai itu mengumpulkan 3 jenis limpasan, yakni limpasan permukaan (surface runoff), aliran intra (interflow) dan limpasan air tanah (groundwater runoff) yang akhirnya akan mengalir ke laut. Singkatnya ialah: uap dari laut dihembus ke atas daratan (kecuali bagian yang telah jatuh sebagai presipitasi ke laut), jatuh ke daratan sebagai presipitasi (sebagian jatuh langsung ke sungai-sungai dan mengalir langsung ke laut). Sebagian dari hujan atau salju yang jatuh di daratan menguap dan meningkatkan kadar uap di atas daratan. Bagian yang lain mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut. Sirkulasi yang kontinu antara air laut dan air daratan berlangsung terus. Sirkulasi air ini disebut siklus hidrologi (Suyono Sosrodarsono,2003).



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Sumber: (Suyono Sosrodarsono,2003).

Keterangan Gambar:

1. Awan dan uap air di udara
2. Hujan
3. Hujan es
4. Salju
5. Limpasan permukaan

6. Perkulasi
7. Alat ukur salju
8. Alat ukur hujan
9. Sumur pengamatan
10. Air Tanah
11. Presipitasi
12. Salju yang mencair
13. Lain-lain
14. Intersepsi
15. Evaporasi hujan yang sedang jatuh
16. Evapotranspirasi
17. Transpirasi
18. Awan dan uap air
19. Evaporasi
20. Evaporasi dari tanah
21. Evaporasi dari sungai-sungai dan danau-danau
22. Evaporasi dari laut
23. Pengamatan debit
24. Pengamatan kualitas air
25. Pengamatan evaporasi

2.3 Analisis Hidrologi

2.3.1 Analisis Frekuensi

Analisa frekuensi merupakan prakiraan, dalam arti probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rencana yang sebagai fungsi dasar perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi.

Analisis frekuensi diperlukan data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu. Ada 2 macam seri data yang digunakan dalam analisis frekuensi, yaitu :

a. Data maksimum hujan tahunan

Data ini diambil setiap tahun dengan satu besaran maksimum yang dianggap berpengaruh pada analisis selanjutnya.

b. Seri parsial

Dengan menetapkan suatu besaran tertentu sebagai batas bawah, selanjutnya semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan bagian seri data untuk kemudian dianalisis.

Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpanan yang terjadi. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Gumbel
4. Distribusi *Log Pearson Type III*

Sebelum memilih jenis distribusi yang digunakan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan parameter statistik. Parameter statistik terdiri dari nilai rata-rata (\bar{x}), standar deviasi (S), koefisien ketajaman (Ck), koefisien variasi (Cv), dan koefisien kemencengan (Cs).

Nilai rata-rata:

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

Standar deviasi:

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

Koefisien variasi dapat diperoleh dari perbandingan standar deviasi dengan nilai rata-rata. Rumus koefisien variasi dapat dilihat dari persamaan berikut:

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

Koefisien kemencengan (Cs) merupakan suatu derajat yang menunjukkan ketidaksimetrisan suatu distribusi. Rumus koefisien kemencengan dapat dilihat sebagai berikut:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Koefisien ketajaman (Ck) digunakan untuk mengukur keruncingan suatu distribusi. Rumus koefisien kemencengan dapat dilihat sebagai berikut:

$$C_k = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) S^4} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

- X = Data dalam sampel
- \bar{X} = nilai rata-rata
- S = Standar deviasi
- n = Jumlah data
- Cv = Koefisien variasi (*coefficient of variation*)
- Cs = Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*)
- Ck = Koefisien ketajaman (*coefficient of kutosis*)

Penentuan jenis distribusi dilakukan dengan mencocokkan parameter-parameter statistik berikut dengan tabel berikut:

Tabel 4. 1 Persyaratan Parameter untuk Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3
2	Log Normal	Cs = 1,104 Ck = 5,383
3	Pearson Type III	Cs dan Ck fleksibel
4	Gumbel	Cs < 1,139 Ck < 5,400
5	Log Pearson Type III	Cs antara 0 < Cs < 9 Ck = 1,5 Cs + 3 = 3,873

Sumber: I Made Kamiana, 2010

2.3.2 Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistic dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$X_t = x + K_T S_x \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

X_t = Curah hujan rencana

X = Curah hujan maksimum rata-rata

K_T = Faktor frekuensi

S_x = Standar deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum (X_1 - X)^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

Tabel 2.2 Faktor Frekuensi normal

NO	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	K _T
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 tersebut menunjukkan nilai faktor frekuensi (K_T) sesuai periode ulang T (tahun). Nilai faktor frekuensi merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang. Nilai K_T umumnya juga disebut dengan nilai variable reduksi Gauss. Sumber:

2.3.3 Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X , sehingga $Y = \log X$. Rumus yang digunakan pada distribusi log normal adalah sebagai berikut:

$$Y_T = \bar{Y} + Kt.Sx \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

Y_t = Curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun.

\bar{Y} = Curah hujan maksimum rata-rata

Kt = Standar variable untuk periode ulang tahun

Sx = Standar deviasi

Distribusi tipe Log Normal, mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $Cs = 3 Cv + Cv^3$. Syarat lain distribusi sebaran Log Normal $Ck = Cv^8 + 6 Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$

2.3.4 Metode Gumbel

Umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya analisis frekuensi banjir. Rumus-Rumus yang digunakan dalam menghitung curah hujan rancangan dengan metode Gumbel adalah sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} S \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

X = Curah hujan rancangan dengan kala ulang T tahun

\bar{X} = Nilai rata aritmatik hujan kumulatif

S = Standar deviasi

Y_t = Variasi yang merupakan fungsi dari kala ulang

Y_n = Nilai tergantung pada “n”

S_n = Standar deviasi yang merupakan fungsi dari “n”

Tabel 2.3 Tabel Reduced Standard Deviation (σ)

N	Σn	N	Σn	N	S_n	N	S_n	N	S_n
10	0,9497	31	1,1159	52	1,1638	73	1,1881	94	1,2032
11	0,9676	32	1,1193	53	1,1653	74	1,1890	95	1,2038
12	0,9833	33	1,1226	54	1,1667	75	1,1898	96	1,2044
13	0,9972	34	1,1255	55	1,1681	76	1,1906	97	1,2049
14	1,0098	35	1,1285	56	1,1696	77	1,1915	98	1,2055
15	1,0206	36	1,1313	57	1,1708	78	1,1923	99	1,2060
16	1,0316	37	1,1339	58	1,1721	79	1,1930	100	1,2065
17	1,0411	38	1,1363	59	1,1734	80	1,1938		
18	1,0493	39	1,1388	60	1,1747	81	1,1945		
19	1,0566	40	1,1413	61	1,1759	82	1,1953		
20	1,0629	41	1,1436	62	1,1770	83	1,1959		
21	1,0696	42	1,1458	63	1,1782	84	1,1967		
22	1,0754	43	1,1480	64	1,1793	85	1,1973		
23	1,0811	44	1,1490	65	1,1803	86	1,1980		
24	1,0864	45	1,1518	66	1,1814	87	1,1987		
25	1,0914	46	1,1538	67	1,1824	88	1,1994		
26	1,0961	47	1,1557	68	1,1834	89	1,2001		
27	1,1004	48	1,1574	69	1,1844	90	1,2007		
28	1,1047	49	1,1590	70	1,1854	91	1,2013		
29	1,1086	50	1,1607	71	1,1863	92	1,2020		
30	1,112	51	1,1623	72	1,1873	93	1,2026		

Sumber: Soemarto, 1999

Tabel tersebut digunakan untuk mempermudah perhitungan, dimana N merupakan jumlah data yang tersedia dan S_n merupakan *reduced standard deviation* yang nilainya tergantung pada banyaknya data (N).

Tabel 2.4 Reduced Mean (Y_n)

N	Y_n	N	Y_n	N	Y_n	N	Y_n	N	Y_n
10	0,4952	31	0,5371	52	0,5493	73	0,5555	94	0,5591
11	0,4996	32	0,5380	53	0,5497	74	0,5557	95	0,5593
12	0,5035	33	0,5388	54	0,5501	75	0,5559	96	0,5595

N	Yn	N	Yn	N	Yn	N	Yn	N	Yn
13	0,507	34	0,5396	55	0,5504	76	0,5561	97	0,5596
14	0,51	35	0,5402	56	0,5508	77	0,5563	98	0,5598
15	0,5128	36	0,541	57	0,5511	78	0,5565	99	0,5599
16	0,5157	37	0,5418	58	0,5515	79	0,5567	100	0,56
17	0,5181	38	0,5424	59	0,5518	80	0,5569		
18	0,5202	39	0,543	60	0,5521	81	0,557		
19	0,522	40	0,5436	61	0,5524	82	0,5572		
20	0,5268	41	0,5442	62	0,5527	83	0,5574		
21	0,5252	42	0,5448	63	0,553	84	0,5576		
22	0,5268	43	0,5453	64	0,5533	85	0,5578		
23	0,5283	44	0,5458	65	0,5535	86	0,558		
24	0,5296	45	0,5463	66	0,5538	87	0,5581		
25	0,5309	46	0,5468	67	0,554	88	0,5583		
26	0,532	47	0,5473	68	0,5543	89	0,5585		
27	0,5332	48	0,5477	69	0,5545	90	0,5586		
28	0,5343	49	0,5481	70	0,5548	91	0,5587		
29	0,5353	50	0,5485	71	0,555	92	0,5589		
30	0,5362	51	0,5489	72	0,5552	93	0,5591		

Sumber: Soemarto, 1999

Tabel 2.4 menunjukkan hubungan nilai *reduced mean* (Yn) sesuai dengan jumlah data sampel (N). Adapun nilai *reduced variate* (Yt) dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.5 Variasi Yt

Kala ulang	Nilai Yt
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,296

Kala ulang	Nilai Yt
1000	6,919
5000	8,539

Sumber: Soemarto, 1999

Nilai Yt merupakan *reduced variate* sesuai dengan kala ulang tahunan (T) yang diperoleh dari persamaan berikut:

$$Y_t = -Ln\left(-Ln\frac{T_r - 1}{T_r}\right) \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

Yt = *Reduced Variate*

Tr = nilai banyaknya tahun rata-rata dimana suatu besaran dilampaui suatu harga

2.3.4 Metode Log Pearson Type III

Distribusi *log pearson type III* digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan varian minimum misalnya, analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (*low flow*). Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Mengubah data curah hujan sebanyak n buah X1, X2, X3, ..., Xn menjadi log (X1), log (X2), log (X3), log (Xn).
2. Menghitung harga-harganya dengan rumus

$$\overline{LogX} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log xi \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

\overline{LogX} = harga rata-rata logaritmik

N = jumlah data

Xi = nilai curah hujan tiap-tiap tahun (R₂₄ maksimum)

3. Menghitung harga standar deviasinya dengan rumus sebagai berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \log X = (\log Xi - \overline{LogX})^2} \dots\dots\dots(2.11)$$

4. Menghitung Koefisien skewness (Cs) dengan rumus:

$$CS = \frac{n}{(n-1)(n-2)Sd^3} \sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{LogX})^3 \dots\dots\dots(2.12)$$

5. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus sebagai berikut:

$$\overline{\log X} = \log X + G.Sd \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

Log X = Nilai Logaritmik dari X dengan kala ulang T tahun

$\overline{\log X}$ = Niali Rerata dari Log Xi

Sd = Standar Deviasi

G = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari probabilitas/kala ulang dan koefisien kemencengan.

Tabel 2.6 Harga G untuk Sebaran Log Pearson Type III

Kemencengan	Koefisien							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97	7,25
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	2,048	3,845	4,652	6,6
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,240	2,97	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,289	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,8848	3,499	4,147	5,66
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82
1,0	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,78	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,25
0,7	-0,116	0,79	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96
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	3,67
0,3	-0,05	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,83	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,38
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,4	2,67	3,325
0,0	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576	3,09

Koefisien								
Kemencengan	2	5	10	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)							
-0,1	0,017	0,836	1,27	2,761	2,000	2,252	2,482	3,95
-0,2	0,033	0,85	1,285	1,680	1,945	2,178	2,38	2,81
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,885	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,54
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,853	1,200	1,528	1,72	1,88	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,885	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,15
-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	1,66	1,749	1,91
-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	1,27	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,28
-1,8	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,13
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99	1,995	1,000
-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	1,907	0,91
-2,5	0,36	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	0,663

Sumber: Soemarto, 1999

Tabel tersebut menunjukkan nilai K sesuai dengan perentase peluang terlampaui dan koefisien kemencengan (Cs) . Dimana K adalah variable standar untuk X.

6. Menghitung Koefisien Kutosis (Ck) dengan rumus:

$$Ck = \frac{\sum (lohXi - \overline{LogX})^4}{(n-1)(n-2)Sd^4} \dots\dots\dots(2.14)$$

7. Menghitung koefisien variasi (Cv) dengan rumus:

$$Cv = \frac{Sd}{\log x} \dots\dots\dots(2.15)$$

Distribusi *Log Pearson Type III*, mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau Cs ≠ 0

2.3.5 Uji Kecocokan

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan dalam sub bab ini adalah :

1 Chi-Kuadrat

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter 1r, oleh karena itu disebut dengan uji Chi-Kuadrat. Parameter X_h^2 , dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$x_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

X_h^2 =Parameter Chi-Kuadrat terhitung

G= Jumlah sub-kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter X_h^2 merupakan variabel acak. peluang untuk mencapai nilai X_h^2 sama atau lebih besar dari pada nilai chi-kuadrat yang sebenarnya (X^2)

Prosedur uji Chi Kuadrat adalah:

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya);
2. Kelompokkan data menjadi G sub-group, tiap-tiap sub group minimal 4 data pengamatan.
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub group;
4. Jumlahkan data dari persamaan sebesar distribusi yang digunakan sebesar E_i ;
5. Tiap-tiap sub group hitung nilai:

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

6. Jumlah seluruh G sub nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi-kuadrat hitung.
7. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R=2$, untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai $R=1$, untuk distribusi Poisson).

Interpretasi hasilnya adalah:

1. Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima;
2. Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila peluang berada diantara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, missal perlu tambah data.

2. Smirnov-Kolmogorov

Kolmogorov Smirnov adalah uji normalitas dengan membandingkan distribusi data (yang akan diuji normalitasnya) dengan distribusi normal baku. Jadi, uji Kolmogorov Smirnov adalah uji beda antara data yang diuji normalitasnya dengan data normal baku. pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan probabilitas untuk tiap data, yaitu distribusi empiris dan distribusi teoritis yang di sebut dengan Δ_{mask} dalam bentuk persamaan data ditulis sebagai berikut:

$$\Delta_{mask} = Pe - Pt \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

Δ_{mask} = selisih antara peluang teoritis dan peluang empiris

Δ_{cr} = simpangan kritis

Pe = Peluang empiris

Pt = Peluang teoritis

Kemudian dibandingkan antara Δ_{mask} dengan Δ_{Cr} , apabila $\Delta_{mask} < \Delta_{Cr}$ maka pemilihan distribusi frekwensi tersebut dapat diterapkan data tersebut (Seomarto,1987).

2.4 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air hujan dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu ditinjau pada daerah pengaliran. Umumnya waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan untuk oleh air

untuk mengalir pada permukaan tanah menuju titik terdekat (t_0) dan waktu untuk mengalir dalam saluran ke titik yang ditinjau (t_d) dalam suatu catchment area untuk menuju titik outlet.

$$tc = t_0 + td \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

- t_c = waktu konsentrasi
- t_0 = waktu inlet
- t_1 = conduit time
- L = panjang saluran
- V = kecepatan rata-rata saluran

Untuk t_0 dan t_d dapat dicari dengan rumus Kirby:

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0.167} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$t_d = \frac{L}{60V} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan:

- L_0 = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
- L = Panjang saluran (m)
- nd = koefisien hambatan
- S = kemiringan daerah pengaliran/kemiringan tanah
- V = kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dt)

Tabel 2.7 Koefisien Hambatan

Kondisi Lapisan Permukaan	Nd
Lapisan semen dan aspal beton	0,0013
Permukaan licin dan kedap air	0,02
Permukaan licin dan kokoh	0,1
Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
Padang rumput	0,4
Hutan gundul	0,6

Kondisi Lapisan Permukaan	Nd
Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan amparan rumput jarang sampai padat	0,8

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI 03-3424-1994)

Tabel tersebut menunjukkan koefisien hambatan (Nd) suatu wilayah sesuai dengan tutupan lahannya.

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

1. Rumus Kirpich

$$t_c = \frac{0,06628L^{0,77}}{S^{0,285}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

Tc = waktu konsentrasi

L = panjang lintasan air dari titik terjauh ke titik yang ditinjau (km)

S = kemiringan tanah

2. Rumus Hathway

$$S = \frac{0,606(Ln)^{0,467}}{S^{0,234}} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan:

n = koefisien kekasaran

L = panjang lintasan air dari titik terjauh ke titik yang ditinjau (km)

S = kemiringan tanah

Tabel 2.8 Koefisien Kekasaran Lahan

Tata guna lahan	Nilai Nd
Aspal Halus	0,0070
Aspal dan perkerasan Pasir	0,0075
Atap	0,0082
Beton	0,0012
Aspal dan perkerasan Kerikil	0,0017
Rumput	0,0460
Alang-alang	0,0600

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI 2415-2016)

Tabel tersebut menunjukkan nilai kekasaran (N) sesuai dengan tata guna lahannya. Nilai kekasaran digunakan untuk mengetahui kemiringan dasar saluran.

2.5 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi air per satuan waktu biasanya dalam mm.jam atau mm/menit. Intensitas hujan dalam t jam dapat dinyatakan dengan rumus :

$$I_t = \frac{R_t}{t} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan:

R_t = Curah hujan selama t jam

t = durasi hujan

Intensitas hujan dengan rumus mononobe adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

I = Iintensitas Hujan

R₂₄ = Curah hujan harian maksimum 9mm0

T_c = waktu konsentrasi (jam)

2.6 Debit Limpasan

Limpasan permukaan (*surface runoff*) yang merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit-parit / selokan-selokan yang kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai.

Berkurangnya air yang berhasil melewati muara daerah aliran disebabkan oleh oleh aliran tertahan oleh akar dan daun dari tanaman, dan tertahan di antara rerumputan atau semak belukar yang lebat.

Air meresap ke dalam lapisan tanah tertahan dalam bentuk genangan air, bila mana permukaan daerah aliran tidak rata dan banyak cekungan tersimpan dalam sumur resapan yang dibangun oleh penduduk kota, sehingga air hujan meresap ke dalam tanah.

Dalam prakteknya terdapat berbagai tipe guna lahan bercampur baur dalam sebuah daerah aliran. Oleh karena itu, bila daerah terdiri dari beberapa tipe kondisi

permukaan yang mempunyai nilai c yang berbeda, nilai c rata-rata (gabungan) dihitung dengan rumus berikut :

$$C_{gab} = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan:

- C_{gab} = koefisien pengaliran gabungan
- C_1, C_2, C_3, C_n = Koefisien pengaliran daerah aliran sebanyak n buah dengan tata guna lahan yang berbeda
- A_1, A_2, A_3, A_n = luasan daerah aliran sebanyak n buah, dengan tata guna lahan yang berbeda.

Tabel 2.9 Koefisien Pengaliran C

No	Kondisi Permukaan Tanah	C
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70-0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40-0,70
3	Bahu jalan dari tanah berbutir halus	0,40-0,55
4	Bahu jalan dari tanah berbutir kasar	0,10-0,20
5	Bahu jalan dari batuan masih keras	0,70-0,85
6	Bahu jalan dari batuan masih lunak	0,60-0,75
7	Daerah perkotaan	0,70-0,95
8	Daerah pinggiran kota	0,60-0,70
9	Daerah industri	0,60-0,90
10	Pemukiman padat	0,40-0,60
11	Pemukiman tidak padat	0,40-0,60
12	Taman dan kebun	0,45-0,60
13	Persawahan	0,70-0,80
14	Perbukitan	0,70-0,80
15	Pegunungan	0,75-0,90

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI 2415-2016)

Tabel tersebut menunjukkan rentang nilai koefisien pengaliran (C) sesuai dengan kondisi permukaan tanah yang ada di atasnya.

Rumus debit limpasan adalah sebagai berikut:

$$Q_{Limpasan} = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan:

- Q = Debit Limpasan
- I = Intensitas Hujan
- A = Luas daerah pengairan
- C = koefisien limpasan,

2.7 Analisis Hidrolika

2.7.1 Analisis Saluran

Untuk dapat mengalirkan air diperlukan saluran yang mampu menampung air tersebut ke tempat penampungan. Penampungan air tersebut dapat berupa sungai kolam dan sebagainya. Kapasitas saluran sangatlah tergantung dari bentuk, kemiringan dan kekasaran saluran. Sehingga kapasitas penampungan harus berdasarkan besaran debit air hujan dan debit buangan. Untuk menghitung aliran dalam saluran digunakan persamaan *manning*.

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.27)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan:

- n = Koefisien kekasaran saluran
- R = Jari-Jari hidrolis
- I = Kemiringan hidrolis
- Q = Debit air (m³/det)
- V = kecepatan rata-rata aliran.

Penampang basah saluran dan gorong-gorong dihitung berdasarkan penampang yang paling ekonomis untuk menampung debit maksimum.

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan:

- A = Penampang basah saluran berdasarkan debit saluran
- Q = Debit air(m³/det)
- V = kecepatan rata-rata aliran (m/det)

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

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

Keterangan:

A = Penampang basah saluran

P = Keliling Basah Saluran

B = Lebar saluran

h = tinggi air dalam saluran

w = tinggi jagaan

Untuk menghitung Penampang ekonomis penampang persegi dapat dibuat dengan persyaratan $b = 2h$ atau $y = b/2$

Untuk penampang saluran berbentuk trapesium digunakan rumus:

$$A = (b - m) \cdot h \dots\dots\dots(2.32)$$

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(2.33)$$

Syarat penampang ekonomis untuk saluran berbentuk trapesium adalah:

$$\frac{b + 2mh}{2} = h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(2.34)$$

Keterangan:

A = Luas Penampang Basah saluran

P = Keliling basah saluran

B = Lebar saluran

m = Kemiringan saluran

h = Tinggi air dalam saluran

w = Tinggi Jagaan

Untuk penampang berbentuk lingkaran digunakan:

$$A = \frac{1}{8}(\theta - \sin \theta)D^2 \dots\dots\dots(2.35)$$

$$P = r \cdot \theta = \theta \cdot \frac{D}{2} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$h = r \left(1 - \cos \frac{1}{2} \theta \right) \dots\dots\dots(2.37)$$

$$T = 2r \sin \frac{1}{2} \theta \dots\dots\dots(2.38)$$

Syarat penampang ekonomis untuk lingkaran berbeda dengan penampang trapesium dan persegi, Q maksimum berbeda dengan V maksimum, jika:

8. Untuk memperoleh debit maksimum, tinggi aliran pada saluran adalah $0,95D$
9. Untuk memperoleh kecepatan maksimum, tinggi aliran pada saluran adalah $0,81D$

$$Q_{maks} = h = 0,95D \dots\dots\dots(2.39)$$

$$V_{maks} = h = 0,81D \dots\dots\dots (2.40)$$

Keterangan:

A = Luas penampang Basah saluran

P = Keliling Basah saluran

b = Lebar saluran

D = Diameter Saluran

m = Kemiringan saluran

h = Tinggi air dalam saluran

w = Tinggi Jagaan

2.7.2 Bentuk Penampang Saluran

Dalam menentukan bentuk dan dimensi saluran yang akan digunakan dalam pembangunan saluran baru maupun dalam kegiatan perbaikan penampang saluran yang sudah ada, salah satu hal penting yang perlu dipertimbangkan adalah ketersediaan lahan. Bentuk penampang saluran pada muka tanah umumnya ada beberapa macam antara lain; bentuk trapesium, empat persegi panjang, segitiga, setengah lingkaran.

a. Penampang persegi

Penampang dengan bentuk persegi berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya teris menerus dengan fluktuasi yang kecil.

b. Penampang Trapesium

Penampang dengan bentuk trapesium berfungsi untuk menampung limpasan air hujan dengan debit yang bear. Sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil. Bentuk saluran ini dapat digunakan pada daerah yang masih cukup tersedia lahan.

c. Penampang segitiga

Bentuk penampang segitiga merupakan penyederhanaan dari bentuk trapesium dan berfungsi untuk menampung limpasan air hujan dengan debit yang kecil. Bentuk saluran ini dapat digunakan pada daerah yang masih cukup Terbatas.

d. Penampang setengah lingkaran

Berfungsi untuk menampung limpasan air hujan dengan debit yang kecil. Bentuk saluran ini dapat digunakan saluran rumah penduduk dan pada sisi jalan perumahan yang padat.

Tabel 2.10 Hubungan Kemiringan Berdasarkan Jenis Material

Jenis Material	Kemiringan saluran (%)
Tanah asli	0-5
Kerikil	5-7,5
Pasangan	7,5

Sumber: H.M. Halim Hasmar, 2011

Tabel tersebut menunjukkan hubungan antara Kemiringan Saluran (%) sesuai dengan jenis bahan pembuat saluran.

Tabel 2.11 Kecepatan izin maksimum

Bahan dasar saluran	Kecepatan maksimum V(m/detik)
Saluran tanah	0,7
Pasangan batu kali	2,0
Pasangan beton	3,0

Sumber: Permen PU no 14, 2014

Tabel tersebut menunjukkan hubungan antara kecepatan rata-rata (V) dengan kemiringan saluran (%).

2.8 Kolam Retensi

Kolam retensi adalah suatu bak atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air sementara yang terdapat di dalamnya. Kolam retensi dibagi menjadi 2 jenis yaitu sebagai berikut:

- Kolam alami adalah kolam retensi berbentuk cekungan atau bak resapan yang sudah terbentuk secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian.
- Kolam buatan atau kolam non alami adalah kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan material yang kaku, seperti beton.

Kolam retensi berfungsi untuk menyimpan dan menampung air sementara dari saluran pembuangan sebelum dialirkan ke sungai sehingga puncak banjir dapat dikurangi. Tingkat pengurangan banjir tergantung pada karakteristik hidrograf banjir, volume kolam dan dinamika beberapa bangunan outlet. Wilayah yang digunakan untuk pembuatan kolam penampungan biasanya di daerah yang rendah. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam retensi dapat digunakan sebagai penampungan air hujan sementara dan penyalur atau distribusi air.

Kolam retensi dibagi menjadi 3 jenis yaitu sebagai berikut:

- a. Kolam retensi tipe di samping badan sungai : Tipe ini memiliki bagian-bagian berupa kolam retensi, pintu inlet, bangunan pelimpah samping, pintu outlet, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah di depan pintu outlet, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Kolam retensi jenis ini cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas untuk kolam retensi sehingga kapasitasnya bisa optimal. Keunggulan dari tipe ini adalah tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan.
- b. Kolam retensi di dalam badan sungai :Kolam retensi jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling, pintu outlet, bendung, saringan sampah dan kolam sedimen. Tipe ini diterapkan bila lahan untuk kolam retensi sulit didapat. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitas kolam yang terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaan sulit dan pemeliharaan yang mahal.
- c. Kolam retensi tipe storage memanjang : Kelengkapan sistem dari kolam retensi tipe ini adalah saluran yang lebar dan dalam serta cek dam atau bendung setempat. Tipe ini digunakan apabila lahan tidak tersedia sehingga harus mengoptimalkan saluran drainase yang ada. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitasnya terbatas, menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit.

Kapasitas kolam retensi harus dapat menampung volume air pada saat debit banjir puncak yang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

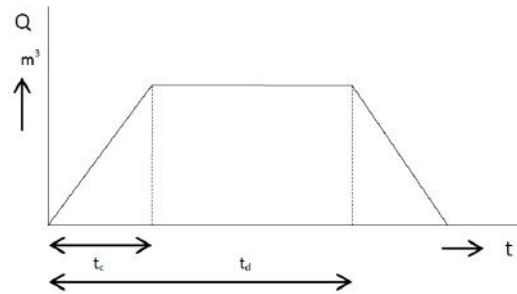
$$V = \int (Q_{in} - Q_{out})dt \dots\dots\dots(2.41)$$

Keterangan:

Q_{in} = Debit air inflow

Q_{out} = Debit air outflow

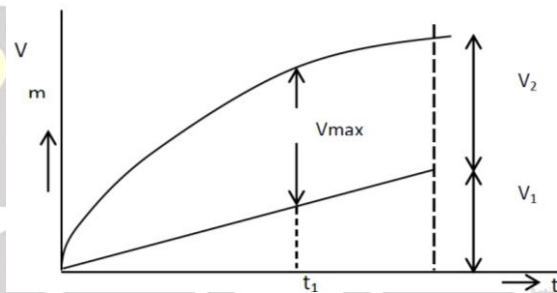
V = volume kapasitas tampung



Gambar 2.2 Hidrograf rasional kolam tampung

Sumber: Martin P Wanielista

Prinsip hidrolis kerja kolam tampuan meliputi hubungan antara *inflow* dari saluran drainase, *outflow* dan volume kolam tampuan yang dapat digambarkan dalam sket berikut dibawah ini. Air dari dalam kolam tampuan dibuang dengan bantuan pintu air dengan debit konstan.



Gambar 2.3 Hubungan volume inflow dan outflow terhadap waktu

Sumber: Martin P Wanielista

Perencanaan lebar dan besar bukaan pintu air pada kolam tampuan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q = qd \times A_o \times \sqrt{2g \times h}$$

Keterangan:

Q = Debit Outflow (m^3/det)

qd = Koefisien aliran, digunakan nilai 0,60

A_o = Luas penampang bukaan pintu air (m^2)

h = Tinggi bukaan pintu air (m)

q = Percepatan gravitasi ($9,80m^2/det$)

www.itk.ac.id

2.9 Back Water

Analisa Back water atau profil air balik diperlukan untuk mengetahui ketinggian air pada jarak tertentu akibat bertemunya saluran pembuang akhir dengan muaranya. Elevasi air yang terjadi dapat dianalisis dengan metode tahapan langsung (direct step method). Analisa profil air balik diperlukan untuk menentukan sampai seberapa jauh pengaruh kenaikan muka air di saluran akibat pasang surut air laut. Perhitungan profil muka air dimulai dengan kedalaman yang diketahui h_1 , yang diperoleh dari hubungan kedalaman debit (Rating curve). Kedalaman h_2 , baik di hulu atau dihilirnya tergantung pada jenis aliran subkritis atau superkritis, dan dihitung DX antara kedua kedalaman tersebut.

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dilakukan sebagai bahan referensi untuk pengerjaan Tugas Akhir terkait perencanaan drainase suatu kawasan. Adapun beberapa penelitian yang dapat digunakan sebagai referensi untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2.12 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Hasil
1	Rossana Margaret Kadar Yanti	Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Grand City Balikpapan	Metode : <ul style="list-style-type: none">- Menghitung debit yang masuk pada saluran drainase perumahan.- Merencanakan dimensi salurandrainase perumahan- Merencanakan dimensi dan volume kolam tampungan- Merencanakan sistem pengaliran dari saluran menuju sungai dan danau Kesimpulan: <ul style="list-style-type: none">- Melalui tahap perhitungan ditentukan dasar saluran yang mengacu pada muka air

No	Penulis	Judul	Hasil
			<p>maksimum agar tidak terjadi genangan.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Debit limpasan yang membebani saluran primer kawasan perumahan adalah $7,391 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan lebar sebesar $7,00 \text{ m}$. - Berdasarkan perhitungan diperoleh besar dimensi saluran primer, sekunder, dan tersier berbentuk persegi dengan lebar bervariasi. - Diperoleh luas kolam tampung $3037,50 \text{ m}^2$ dengan kedalaman $1,14 \text{ m}$, serta menggunakan pintu air sebesar $1,00 \text{ m}$ dengan bkaan pintu konstan sebesar $0,20 \text{ m}$
2	Oryza Lhara Sari	Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Borneo Paradiso Balikpapan.	<p>Metode:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan konsep eco-drainage. - Menghitung debit hidrologi dengan menentukan C gabungan, intensitas hujan, dan luas daerah yang dialiri - Menghitung debit hidrolika sesuai dengan debit limpasan. - Menghitung volume kolam tampung. <p>Kesimpulan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Curah hujan untuk saluran tersier $120,712 \text{ mm}$, saluran sekunder sebesar $147,311 \text{ mm}$, dan untuk

No	Penulis	Judul	Hasil
			<p>saluran primer sebesar 164,923 mm.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diperoleh bentuk dimensi U-ditch untuk saluran tersier menggunakan U40×40×120 U50×50×120, Saluran sekunder menggunakan U80×80×120, U100×100×120, U120×120×120, serta saluran primer menggunakan box culvert BC 1500 dan BC 2000. - Volume yang dapat diampung pada bendali 1 adalah sebesar 6850,954 m³, dan pada bendali 2 sebesar 10061,810 m³.
3	Wahyu Indra Kusuma	Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo	<p>Metode:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menghitung besarnya debit yang masuk pada masing-masing saluran. - Merencanakan dimensi daluran dari deit yang masuk. - Merencanakan volume dan kedalaman kolam tampungan berdasarkan debit yang masuk dan keluar - Menghitung kedalaman saluran luar kawasan akibat debit banjir periode ulang 10 tahun - Menentukan tinggi urugan awal kawasan dari elevasi muka air banjir saluran luar kawasan.

No	Penulis	Judul	Hasil
		www.itk.ac.id	<p>Kesimpulan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi saluran tersier dengan lebar 0,40-0,55 m, saluran sekunder 0,80-1,40 m, dan saluran primer 1,50m yang kesemuanya bermuara pada kolam tampung. - Besar debit akibat adanya perumahan adalah 1,45 m³/det - Tinggi timbunan yang dibutuhkan untuk kawasan perumahan Green Mansion Residence untuk dapat mengalirkan secara gravitasi adalah 2,10 m (+7,302) dari jalan desa (+5,402).
4	Catur Afif Nugroho	Perencanaan Sistem Drainase Sub DAS Karang Mumus Hilir Kota Samarinda Kalimantan Timur.	<p>Metode:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menghitung debit hidrologi metode nakayasu dan debit hidroloka periode ulang 5,10, dan 50 tahun <p>Kesimpulan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perlu dilakukan normalisasi - Debit banjir yang didapat bervariasi - Berdasarkan debit banjir yang direncanakan, didapat dimensi saluran primer dan sekunder beserta tinggi air pada saluran. - Semua saluran sekunder membutuhkan pintu air. <p>www.itk.ac.id</p>

No	Penulis	Judul	Hasil
			Dibutuhkan pompa pada sungai karang mumus apabila muka air lebih tinggi dari saluran sekunder.

2.11 Posisi Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, terdapat perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Adapun posisi penelitian dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2.13 Tabel Posisi Penelitian

No	Sumber	Analisis debit limpasan	Perencanaan saluran	Perencanaan kolam tampung	Perencanaan Pintu air
1	Rossana M.K.	✓	✓	✓	✓
2	Oryza L	✓	✓	✓	✓
3	Wahyu I	✓	✓	✓	✓
4	Catur A	✓	✓		✓
	Penelitian yang dilakukan	✓	✓	✓	✓

Rossana M (2013) melakukan penelitian mengenai perencanaan sistem drainase kawasan perumahan Grand City Balikpapan. Metode yang digunakan yaitu dengan menganalisis debit limpasan di kawasan perumahan kemudian merencanakan kapasitas dimensi saluran sesuai dengan debit limpasan. Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh hasil perencanaan saluran serta bangunan pelengkap sistem drainase yang meliputi kolam tampung dan pintu air.

Oryza L (2016) melakukan penelitian mengenai perencanaan sistem drainase kawasan perumahan Borneo Paradiso Balikpapan dengan menggunakan konsep

eco-drainage yaitu menahan air selama mungkin dan mengalirkannya secara perlahan ketika muka air outlet telah surut. Menghitung debit hidrologi untuk memperoleh debit limpasan, kemudian menganalisis kapasitas saluran serta kolam tampung yang digunakan. Bangunan pelengkap yang direncanakan adalah kolam tampung dan pintu air.

Wahyu I (2016) melakukan penelitian mengenai perencanaan sistem drainase perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo . Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh perencanaan sistem drainase yang meliputi saluran, kolam tampung, serta pintu air yang dapat digunakan pada kawasan tersebut.

Catur A (2017) melakukan penelitian mengenai perencanaan sistem drainase di DAS Karang Mumus Hilir. Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh hasil yaitu perlu adanya normalisasi di sungai Karang Mumus Hilir, serta perencanaan saluran dan pintu air pada sub DAS Karang Mumus Hilir untuk menghindari terjadinya banjir atau genangan yang kerap terjadi pada daerah tersebut.

