

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Menurut Dr. Ir. Suripin, M. Eng. (2004; 7) Drainase merupakan rangkaian sistem bangunan air yang memiliki fungsi untuk mengurangi atau membuang limpasan aliran dari kapasitas air yang berlebih dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi pengaliran dapat di jalankan secara optimal.

Menurut Wesli, (2008) Drainase adalah suatu usaha untuk mengeluarkan air pada suatu wilayah sehingga wilayah tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya, termasuk wilayah badan jalan. Sarana drainase pada suatu perkotaan adalah saluran pada tepi kiri-kanan jalan dengan ukuran tertentu (DPU, PD. T-02-2006-B). Saluran tersebut lebih banyak terbuat dari beton maupun pasangan batu kali yang diplester, dengan bentuk segiempat, segitiga atau kombinasi. Saluran-saluran tersebut membuat suatu pola jaringan drainase siku, parallel atau bentuk lain sesuai dengan jaringan jalan yang ada.

Menurut Arianda Reza dengan judul Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan “Evaluasi Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (*Eco-Drainage*) di Kec. Ngamplak, Seleman, Yogyakarta.” Evaluasi dimulai dengan analisis curah hujan rancangan menggunakan 3 metode, yaitu Metode Gumbel, Metode Log Pearson III dan Metode Log Normal. Perhitungan Distribusi Hujan dilakukan menggunakan

Metode Hasper-Weduwen. Perhitungan waktu konsentrasi dengan metode Kirpich. Metode Mononobe digunakan untuk menghitung curah hujan per jam dan Metode Rasional untuk menghitung debit limpasan. Kemudian menghitung efektivitas dari ecodrainage dengan cara menghitung Debit resapan dari sistem ecodrainage. Ditambah dengan kurangnya perawatan dan evaluasi terhadap sistem, ecodrainage sehingga tidak melakukan serapan secara optimal. Kondisi fisik dari sistem ecodrainage di lokasi penelitian kurang terawat. Perawatan pada sistem ecodrainage dinilai cukup sulit untuk dilakukan oleh masyarakat terutama pada sistem ecodrainage di dusun Lodadi.

2.2. Drainase perkotaan

Dalam lampiran III Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Nomor : 12/PRT/M/2014) Perihal Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, menyatakan bahwa dasar prinsip drainase di wilayah perkotaan adalah air hujan yang jatuh pada suatu daerah perlu adanya tampungan, lalu di resapkan, kemudian di alirkan dengan membuat area tampung untuk kemudian di alirkan menuju daerah aliran sungai, serta adanya fasilitas resapan di saluran drainase. Sistem saluran drainase tersebut kemudian di alirkan ke sistem DAS yang lebih besar ke badan air penerima.

2.3. Teori dasar yang digunakan

2.3.1 Analisa Hidrologi

Proses analisa hidrologi adalah proses mengelola data curah hujan yang diperoleh dari stasiun pengamatan hujan, data luas kawasan daerah pengairan *Catchment Area*, data kemiringan (*sloping*) lahan atau beda tinggi elevasi, dan data tata guna lahan yang semuanya memiliki arahan untuk mengetahui besarnya curah hujan maksimum, koefisien pengaliran, waktu konsentrasi, intensitas curah hujan, analisa hidrograf, dan debit banjir rencana.

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

Dimana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/24 jam)

T = Waktu Lamanya Hujan (jam)

R₂₄ = Curah Hujan Maksimum dalam 24 jam (mm)

2.4. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi merupakan pengelolaan data curah hujan rencana dalam periode ulang dalam skala waktu tertentu. Pengelolaannya bersifat secara statistik dan dapat diperkirakan berdasarkan besarnya seri atau data curah hujan harian maksimum tahunan *maximum annual series*. Sehingga dalam periode tahun jangka

panjang analisis distribusi frekuensi curah hujan rancangan / design ini dapat di hitung berapa besarnya periode ulang distribusi frekuensi dalam periode ulang dalam 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 tahun. Maka untuk mencari distribusi yang tepat dalam pengelolaan data yang diperoleh dari stasiun – stasiun pengamatan hujan yang berada di sekitar lokasi studi penelitian ataupun pekerjaan perlu dilakukan analisis frekuensi. Analisis frekuensi sendiri dapat di lakukan dengan data hujan maupun data debit pada saat turunnya hujan. Jenis - jenis perhitungan analisis frekuensi yang di gunakan dalam analisis hidrologi meliputi, Distribusi Metode *Gumbel*, Distribusi Metode *Log - Normal*, dan Distribusi *Log – Pearson III*

2.4.1 Distribusi Metode Gumbel

Analisis frekuensi untuk curah hujan rancangan (x) dengan metode Gumbel, yaitu :

$$X_t = \tilde{x} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \sigma_n$$

Dimana :

X_t = Besarnya nilai curah hujan rancangan dengan periode kala ulang (T) tahun

\tilde{x} = Nilai rerata perhitungan aritmatik pada saat hujan *kumulatif*

Y_t = *reduced variate*, fungsi kala ulang

Y_n = nilai yang tergantung pada “n”

σ_n = standar deviasi yang merupakan fungsi dari “n”

Tabel 2.1. Reduced Mean (Yn)

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	0,520	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,534	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,542	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,547	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,551	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,554	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,556	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,558	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,559	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,561	0,5611

(Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004)

Tabel 2.2. Reduced standard deviation (Sn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	10,095	10,206	10,316	10,411	10,493	10,565
20	10,628	10,696	10,754	10,811	10,864	10,915	10,961	11,004	11,047	11,080
30	11,124	11,159	11,193	11,226	11,255	11,285	11,313	11,339	11,363	11,388
40	11,413	11,436	11,458	11,480	11,499	11,519	11,538	11,557	11,574	11,590
50	11,607	11,623	11,638	11,658	11,667	11,681	11,696	11,708	11,721	11,734
60	11,747	11,759	11,770	11,782	11,793	11,803	11,814	11,824	11,834	11,844
70	11,854	11,863	11,873	11,881	11,890	11,898	11,906	11,915	11,923	11,930
80	11,938	11,945	11,953	11,959	11,967	11,973	11,980	11,987	11,994	12,001
90	12,007	12,013	12,020	12,026	12,032	12,038	12,044	12,049	12,055	12,060
100	12,065	12,069	12,073	12,077	12,081	12,084	12,087	12,090	12,093	12,096

(Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004)

Tabel 2.3 *Reduced Variate* (Y_{TR})

Periode ulang	Reduced Variate
Tr (tahun)	YTR
2	0,3668
5	15,004
10	22,510
20	29,709
25	31,993
50	39,028
75	43,117
100	46,012
200	52,969
250	55,206
500	62,149
1000	69,087
5000	85,188
10000	92,121

(Sumber : *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004)

2.4.2 Distribusi Metode Log-Pearson Type - III

Parameter statistik yang digunakan dalam distribusi *log pearson type III* adalah :

1. Curah Hujan Rancangan :

$$\text{Log } X_i = \text{Log } \tilde{X} + G \cdot Sd \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Nilai Rerata :

$$\text{Log } \tilde{X} = \frac{n \sum_{i=1}^n \text{log } X_i}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

3. Standart Deviasi :

$$SD = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n (\text{log } X_i - \text{log } \tilde{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.3)$$

4. Koefisien Asimetri atau Kemiringan :

$$Cs = \frac{n \sum (\text{log } X - \text{log } \tilde{X})^3}{(n-1)(n-2)(Sd)^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

5. Perhitungan Logaritma hujan atau banjir periode ulang pada tahun (T) :

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \tilde{X} + K \cdot s \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

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

Log \tilde{X} = Nilai rata-rata dari Log-X

Sd = Standart deviasi

G = Faktor frekuensi merupakan fungsi hujan turun dalam kala ulang dan koefisien kemiringan.

Cs = Nilai Koefisien Kemiringan atau Asimetris

K = variable standart (*standardized variable*)

Tabel 2.4 Nilai K untuk distribusi Log-Person tipe III

Interval Kejadian (Recurrence interval), tahun (periode ulang)								
Koef.G	1.01	1.25	2	5	10	25	50	100
	99	80	50	20	10	4	2	1
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,83	1,301	2,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,85	1,285	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,885	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,72	1,88
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99
-2,2	-3,705	-0,574	0,33	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004)

2.4.3 Metode Distribusi Normal

Distribusi normal disebut pula distribusi Gauss. Secara sederhana, persamaan distribusi normal dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times S$$

Dimana :

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

$$Y_T = \log X$$

\bar{Y} = nilai rata – rata hitung variant

S = deviasi standar nilai variant

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang

Nilai K_T dapat dilihat pada tabel 3.5 nilai variable reduksi Gauss.

Tabel 2.5 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode ulang	Peluang	KT
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	2.00	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 dalam Suripin 2004)

Sebelum menganalisis data hujan dengan salah satu distribusi di atas, perlunya mendapatkan data dengan pendekatan di berbagai parameter – parameter statistik dalam menentukan distribusi apa yang sesuai dalam menganalisisnya. Parameter – parameter tersebut dapat dilihat di bawah ini :

1. Rata – rata (X) : $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi$
2. Simpangan Baku : $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi-x)^2}{n-1}}$
3. Koefisien Variasi : $\frac{s}{x}$
4. Koef Skewness Cs : $\frac{n \sum_{i=1}^n (xi-x)^3}{(n-1)(n-2).s^3}$
5. Koef Ketajaman Ck : $\frac{n^2 \sum (xi-x)^3}{(n-1)(n-2)(n-3).s^4}$

Tabel 2.6. Karakteristik Distribusi Frekuensi

Jenis distribusi frekuensi	Syarat distribusi
Distribusi Normal	Cs=0 dan Ck=3
Distribusi Gumbel	Cs= 1.139 dan Ck =5.402
Distribusi Log- Person III	Cs antara 0-0.9

(Sumber: Soewarno,1995 dalam Jurnal Isfandari, T. D. dkk. 2014)

2.5 Analisis Hujan Rata-Rata Daerah Pematusan

Hujan dalam kawasan (Daerah Tangkapan Air = DTA) Data hujan yang diperoleh dari stasiun – stasiun pengamatan hujan yang terjadi pada suatu lokasi di pada suatu tempat / titik pointnya saja (rainfall point). Mengingat bahwa hujan sangat bervariasi terhadap tempatnya (space), maka dalam kawasan yang luas, suatu stasiun pengamatan hujan belum bisa menggambarkan hujan dalam wilayah tersebut. Sehingga dalam hal ini memerlukan hujan yang berada dalam kawasan dan memperoleh hasil dari rata – rata curah hujan dari beberapa stasiun pengamatan hujan tersebut. Ada tiga analisis cara untuk menghitung curah hujan rata – rata diantaranya sebagai berikut :

1. Rata-rata Aritmatik
2. Metode Polygon Thiessen
3. Metode Isohyet

2.5.1 Rata-rata Aritmatik

Analisis rerata aritmatik ini digunakan dalam perhitungan rerata curah hujan dari stasiun pengamat hujan yang terdekat. Metode perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Ri$$

Dimana :

Rx = Data curah hujan rerata daerah pengamatan

N = Jumlah stasiun hujan pengamatan

R_i = Curah hujan pada stasiun hujan (ke -I)/mm

2.5.2 Polygon Thiessen

Analisis dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen* lebih akurat dibandingkan dengan analisis aritmatik, terutama untuk daerah pengamatan yang penyebaran stasiun penakar hujannya tidak merata. Analisis ini memperhitungkan daerah dari masing – masing pengaruh setiap stasiun. Analisis ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\tilde{R} = \frac{(A_1. R_1 + A_2. R_2 + \dots + A_n. R_n)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana :

R = Curah hujan rata rata

R_1, R_2, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan

A_1, A_2, A_n = Bagian luas yang mewakili tiap titik pengamatan

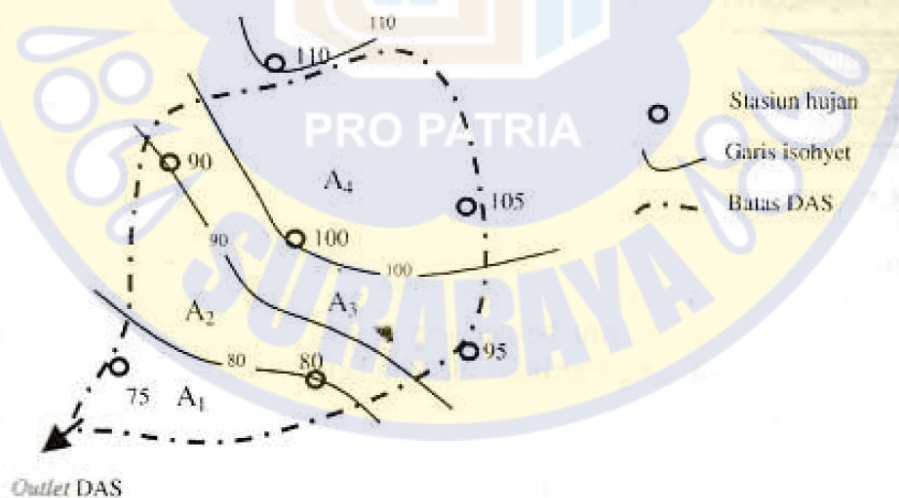
n = Jumlah titik pengamatan

2.5.3 Metode Isohyet

Analisis dengan menggunakan metode perhitungan Isohyet merupakan analisis yang akurat untuk menentukan hujan rerata pada suatu kawasan, namun diperlukan pengalaman dalam analisis ini. Cara ini diperlukan perhitungan secara aktual dari tiap – tiap stasiun pengamatan hujan. Sehingga asumsi dalam metode

polygon thiesen yang menghitung secara keseluruhan dianggap bahwa setiap stasiun – stasiun pengamatan hujan mencatat kedalaman yang sama untuk daerah di kawasan sekitarnya. Metode Isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

1. Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
2. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm.
3. Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.



Gambar 2.1. Metode Isohyet

Perhitungan hujan rata-rata (DAS) dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 A_1}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 A_2}{2} \right) + A_3 \left(\frac{P_3 A_3}{2} \right) + \dots + A_n \left(\frac{P_{n-1} A_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1}}$$

Atau

$$P = \frac{\sum \left[A \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A}$$

Menurut *Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004*. Metode isohyet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km².

2.6 Pengujian Distribusi Data

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fittest*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan di sajikan dalam masalah ini menggunakan:

1. Chi-Kuadrat (*Chi-Square*)
2. Smirnov – Kolmogorov

2.6.1 Uji Chi-Kuadrat (*Chi-square*)

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data analisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut Chi-Kuadrat. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

$X h^2$ = Parameter uji chi kuadrat

G = Jumlah sub kelompok (minimal 4 data pengamatan)

Of = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

Ef = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Prosedur Uji Chi-Kuadrat adalah:

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Penentuan nilai K dengan cara $1 + 3.322 \text{ Log } n$
3. Menghitung Range dari sebuah data menggunakan cara pengurangan nilai data terbesar dan data terkecil

$$R = \text{Data terbesar} - \text{Data terkecil}$$

4. Menghitung nilai interval kelas atau jarak antara data dengan cara :

$$I = \frac{R}{K}$$

5. Tiap tiap subgroup hitung nilai $(O_f - E_f)^2$ dan $\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$
6. Jumlah seluruh G pada sub group dengan persamaan $\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$ untuk menentukan nilai Chi - Kuadrat
7. Menentukan nilai derajat kebebasan $Dk = K - (P+1)$

Dimana :

P = Nilai distribusi normal dan binominal P= 2 untuk distribusi poisson dengan nilai

P= 1

Interprestasi hasilnya adalah :

1. Jika peluang lebih besar dari 5%, maka persamaan distribusi toritis yang digunakan tidak dapat diterima.

2. Jika peluang lebih kecil dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dalam analisis ini dapat diterima.

Tabel 2.7 Nilai Kritis D_0 untuk Uji Chi - Square

Degress of freedom	Probability of a deviation grether than χ^2				
	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	3,219	4,605	5,991	9,210	13,816
3	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
6	8,558	10,645	12,592	16,812	22,547
7	9,803	12,017	14,067	18,475	24,322
8	11,030	13,362	15,507	20,090	26,125
9	12,242	14,684	16,919	21,666	27,877
10	13,442	15,987	18,307	23,209	29,588
11	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
13	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16	20,465	23,542	26,296	32,000	39,252
17	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790
18	22,760	25,989	28,869	34,805	42,312
19	23,900	27,204	30,144	36,191	43,820
20	25,038	28,412	31,410	37,566	45,315

(Sumber: Soewarno, 1995 dalam Jurnal Heka, Gusti.M, 2014)

2.6.2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Soewarno (1995), mengatakan bahwa Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (non parametric test), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

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

1. $X_1 P(X_1)$
2. $X_2 P(X_2)$
3. $X_m P(X_m)$
4. $X_n P(X_n)$

Dimana :

X_1, X_2, X_m, X_n = Data hujan yang telah diurutkan dari besar ke terkecil
(mm)

P = Peluang Empiris (dihitung dengan persamaan

$$\text{Weibull, } P(X_1) = \frac{n+1}{t}$$

n = Jumlah data

i = Nomor urut data hujan

2. Menentukan nilai masing-masing peluang teoritis di hasil penggambaran data :

5. $X_1 P'(X_1)$
6. $X_2 P'(X_2)$
7. $X_m P'(X_m)$

$$8. X_n P'(X_n)$$

Dimana :

X_1, X_2, X_m, X_n = Data hujan yang telah diurutkan dari besar ke kecil
(mm)

P' = Peluang teoritis

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

Dimana :

D = Selisih peluang empiris dengan peluang teoritis

P = Peluang empiris

P' = Peluang teoritis

X_m = Data hujan yang diurutkan (mm)

4. berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov test) tentukan harga

D_0 (lihat tabel 2.8)

Tabel 2.8 Nilai Kritis D_0 Untuk Uji Smirnov- Kolmogorov

N	a (Derajat kepercayaan)			
	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	0,3	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	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,8	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$N > 50$	$1.07/N^{0.5}$	$1.22/N^{0.5}$	$1.36/N^{0.5}$	$1.63/N^{0.5}$

(Sumber: Soewarno, 1995 dalam Jurnal Heka, Gusti.M, 2014)

2.7. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu debit pengaliran yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh dari DAS hingga titik pengamatan (*outlet*). Lama waktu konsentrasi sangat tergantung dari ciri – ciri daerah pengaliran, pendekatan rumus dalam waktu konsentrasi pengaliran debit air dapat dilihat pada rumus sebagai berikut :

$$T_c = \left(\frac{0.87 \times L^2}{1000 \times S_o} \right)^{0.385}$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi pengaliran (jam)

S_o = Kemiringan rata-rata saluran

L = Panjang saluran utama dari hulu sampai penguras (km)

2.7.1 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir (melimpas) di permukaan dari suatu kawasan akibat turunya hujan dengan jumlah air hujan yang turun di kawasan tersebut (*Suhardjono,2015*). Besarnya koefisien limpasan ini (*run-off*) dipengaruhi oleh beberapa faktor, sebagai berikut :

1. Kondisi hujan
2. Luas dan bentuk daerah pengaliran
3. Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai

4. Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
5. Kebebasan tanah
6. Suhu udara, angin dan evaporasi
7. Tata guna lahan

Apabila suatu kawasan terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien limpasan yang berbeda – beda, maka koefisien limpasan yang digunakan merupakan (C) gabungan yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Dimana :

C_m = C_{gab} = Koefisien limpasan gabungan

A_i = Luas masing – masing tata guna lahan.

C_i = Koefisien limpasan setiap tata guna lahan.

Besarnya nilai dari masing – masing koefisien limpasan (C) yang digunakan untuk rancangan drainase pada kawasan perkotaan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.9. Koefisien Aliran

Deskripsi lahan / Karakter permukaan	Koefisien aliran, C
Business	
Perkotaan	0.70-0.95
Pinggiran	0.50-0.70
Perumahan	
Rumah tunggal	0.30-0.50
Multiunit, terpisah	0.40-0.60

Multiunit, tergabung	0.60-0.75
Perkampungan	0.25-0.40
Apartemen	0.50-0.70
Industri	
Ringan	0.50-0.80
Berat	0.60-0.90
Perkerasan	
Aspal dan Beton	0.70-0.95
Batu bata, Paving	0.50-0.70
Atap	0.75-0.95
Halaman tanah berpasir	
Datar 2%	0.05-0.10
Rata-rata 2-7%	0.10-0.15
Curam 7%	0.15-0.20
Halaman tanah berat	
Datar 2%	0.13-0.17
Rata-rata 2-7%	0.18-0.22
Curam 7%	0.25-0.35
Halaman Kereta api	0.10-0.35
Taman tempat bermain	0.20-0.35
Taman, perkuburan	0.10-0.25
Hutan	
Datar 0-5%	0.10-0.40
Bergelombang 5-10%	0.25-0.50
Berbukit 10-30%	0.30-0.60

(Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI 03-3424-1994)

2.7.2 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar analisis untuk perencanaan tingkat pengamanan pada bahaya debit banjir dengan kapasitas limpasan yang berlebih. Secara teoritis banjir rencana hanya berlaku di lokasi pada suatu ruas sungai, sehingga pada DAS akan terdapat besaran banjir rencana dengan kapasitas tampung dan debit yang berbeda.

Debit puncak terjadinya banjir berdasarkan asumsi dengan rancangan metode sebagai berikut :

1. Terjadi hujan dengan intensitas yang sama seluruh wilayah untuk disain banjirnya.
2. Debit puncak akibat intensitas terjadi dititik tinjau paling hilir daerah pematuan ada waktu daerah hulu menyumbang aliran / waktu konsentrasi.
3. Persamaan Rasional ini dapat digambarkan dalam persamaan aljabar sebagai berikut :

$$Q = Kc \cdot C \cdot I \cdot A$$

Bila Q (m^3/det), I (mm/jam), A (Km^2)

Dimana :

C = Koefisien Pengaliran (tanpa satuan)

Kc = Faktor Konversi Satuan Unit

Sehingga :

$$\frac{m^3}{det} = Kc \left(\frac{10^{-3}}{3600} m/det \right) \cdot 10^{-6} \cdot m^2$$

$$Kc = \left[\frac{(m^3/det)}{\left(\frac{10^{-3}}{3600} m/det \right) (10^6 m^2)} \right] = 0.27778 \approx 0.278$$

Rumus metode rasional dalam satuan *mectric* adalah sebagai berikut :

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

Dimana :

Q = Debit banjir maksimum (m³/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan rata-rata selama waktu banjir tiba

A = Luas daerah pengaliran

2.8 Penampang Melintang Saluran

Penampang melintang saluran dalam analisis perhitungan debit aliran dan daya dukung tampung aliran diperlukan profil penampang yang mendukung. Sehingga penampang melintang pada suatu saluran memiliki nilai koefisien kekasaran *mannig* (n). Nilai n pada suatu saluran tidak sama, karena adanya faktor dari pengaruh bahan penyusun material itu sendiri ataupun keadaan di sekitar area

pengaliran sungai tersebut. Harga koefisien *manning* berdasarkan jenis material pembentuk saluran dapat dilihat pada tabel 2.10 berikut :

Tabel 2.10. Harga Koefisien Manning (n) untuk berbagai tipe

Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi tuang dilapis	0.014
Kaca	0.010
Saluran beton	0.013
Bata dilapis mortar	0.015
Pasangan batu disemen	0.025
Saluran tanah air bersih	0.022
Saluran tanah	0.030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0.040
Saluran pada galian batu padas	0.040

(Sumber: Soewarno, 1995 dalam Jurnal Heka, Gusti.M, 2014)

Pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen, karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding relatif besar. Aliran melalui saluran terbuka akan turbulen apabila angka *Reynolds* $Re > 2.000$ dan laminar apabila $Re < 500$.

Rumus *Reynolds* dapat ditulis sebagai berikut :

$$Re = \frac{V \cdot L}{U}$$

Dimana :

R = Jari-Jari Hidraulik (m)

A = Luas Penampang basah (m²)

P = Keliling Penampang basah (m')

Untuk mencari nilai kecepatan aliran dapat menggunakan rumus *manning* yang dapat di tulis sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Dimana :

- R = Jari-Jari Hidraulik (m)
I = Kemiringan Dasar Saluran (%)
n = Koefisien Manning

untuk mencari debit aliran pada saluran dapat menggunakan rumus:

$$Q = V \cdot A$$

Dimana :

Q = debit aliran pada saluran (m^3/dt)

V = kecepatan aliran (m/dt)

A = luas penampang basah saluran (m^2)

2.9. Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum aliran DAS pada saat debit banjir subkritis berdasarkan jenis material penampang saluran itu sendiri dapat dilihat sebagai berikut :

1. Pasangan batu : 2 m/dt
2. Pasangan beton : 3 m/dt
3. Pasangan tanah : Kecepatan maksimum yang diijinkan

Kecepatan maksimum yang diijinkan akan menentukan kecepatan dasar saluran tanah dengan pasangan campuran. Perhitungan bilangan Froude adalah penting apabila dipertimbangkan pemakaian kecepatan aliran dan kemiringan saluran yang tinggi. Untuk aliran yang stabil bilangan Froude harus kurang dari 0,55 untuk aliran subkritis, atau lebih dari 1,4 untuk aliran superkritis. Saluran dengan bilangan

Froude antara 0,55 dan 1,4 dapat memiliki pola aliran dengan gelombang tegak (muka air bergelombang, yang akan merusak kemiringan talud.

2.10. Tinggi Jagaan

Harga – harga minimum untuk tinggi jagaan adalah seperti yang disajikan pada Tabel Harga-harga tersebut diambil dari USBR. Tabel ini juga menunjukkan tinggi jagaan tanggul tanah yang sama dengan tanggul saluran tanah tanpa pasangan.

Tabel 2.11. Tinggi Jagaan Minimum Untuk Saluran Pasangan

Debit (m ³ /dt)	Tanggul (F)	Pasangan (F1)
	M	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: Soewarno, 1995 dalam Jurnal Heka, Gusti.M, 2014)

Normalnya , saluran saluran dirancang dengan bentuk sedemikian rupa yang sesuai denhgan debit rencana. Saluran saluran kecil biasanya didesain dengan lebar dasar (B) = kedalaman saluran aliran rencana (h). dalam hal ini lebar dasar dibagi kedalaman $B/h = n= 1$. Adapun saluran saluran dengan debit besar biasanya didesain lebar dan dangkal. Dengan rasio “n” bisa sampai 10. Nilai nilai banding yang ideal untuk dirancang seperti tabel 2.12. berikut ini.

Tabel 2.12. Nilai banding ideal lebar dasar / kedalaman (n)

Qp (m ³ /dt)	n
0.15 – 0.30	1.0
0.30 – 0.50	1.0 – 1.2
0.50 – 0.75	1.2 – 1.3
0.75 – 1.00	1.3 – 1.5
1.00 – 1.50	1.5 – 1.8
1.50 – 3.00	1.8 – 2.3
3.00 – 4.50	2.3 – 2.7
4.50 – 5.00	2.7 – 2.9
5.00 – 6.00	2.9 – 3.1
6.00 – 7.50	3.1 – 3.5
7.50 – 9.00	3.5 – 3.7
9.00 – 10.00	3.7 – 3.9
10.00 – 11.00	3.9 – 4.2
11.00 – 15.00	4.2 – 4.9
15.00 – 25.00	4.9 – 6.5
25.00 – 40.00	6.5 – 9.0

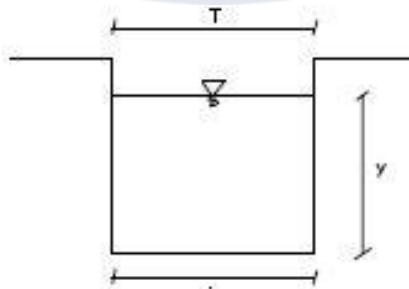
(Sumber: Soewarno, 1995 dalam Jurnal Heka, Gusti.M, 2014)

2.11. Dimensi Saluran

Dalam perencanaan dimensi saluran harus di usahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai.

1. Kriteria Penampang Ekonomis

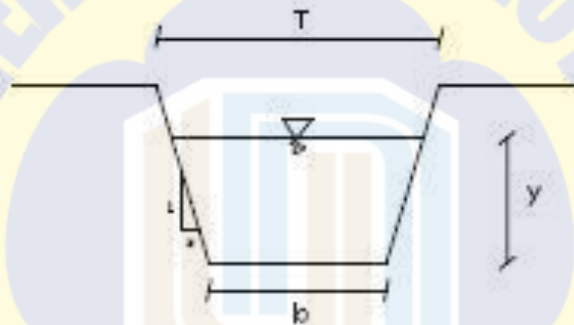
a. Persegi panjang



Gambar 2.2. Saluran Bentuk Persegi

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= b \cdot y \\ \text{Keliling basah (P)} &= b + 2y \\ \text{Jari-jari Hidrolik} &= \frac{b \cdot y}{b + 2y} \\ \text{Lebar Puncak (T)} &= b \\ \text{Kedalaman Hidrolik (D)} &= y \\ \text{Faktor Penampang} &= (b \cdot y)^{1.5} \end{aligned}$$

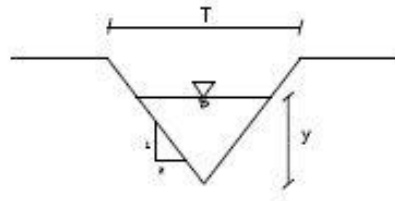
b. Trapesium



Gambar 2.3. Saluran Bentuk Trapesium

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= (b + zy)y \\ \text{Keliling basah (P)} &= b + 2y\sqrt{1 + z^2} \\ \text{Jari-jari Hidrolik} &= \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \\ \text{Lebar puncak (T)} &= b + 2zy \\ \text{Faktor penampang} &= \frac{(b + 2zy)xy}{b + 2zy} \end{aligned}$$

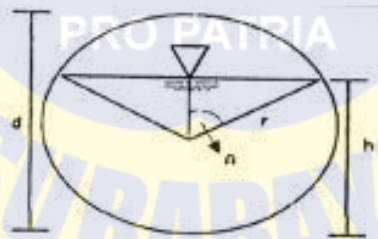
c. Segitiga



Gambar 2.4. Saluran Bentuk Segitiga

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= zy^2 \\ \text{Keliling basah (P)} &= 2y\sqrt{1+z^2} \\ \text{Jari-jari Hidrolik} &= \frac{zy}{2\sqrt{1+z^3}} \\ \text{Lebar Puncak (T)} &= 2zy \\ \text{Kedalaman Hidrolik (D)} &= 1/2y \\ \text{Faktor Penampang} &= \frac{\sqrt{2}}{2} zy^{1.5} \end{aligned}$$

d. Lingkaran



Gambar 2.5. Saluran Bentuk Lingkaran

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= 1/8(\theta - \sin\theta)D^2 \\ \text{Keliling basah (P)} &= \frac{1}{2}\theta \times D \\ \text{Jari-jari Hidrolik (R)} &= \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right) \times D \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Puncak (T)} = 2\sqrt{y(D - y)}$$

$$\text{Kedalaman Hidrolik (D)} = \frac{1}{8} \left(\frac{\theta \sin \theta}{\sin \frac{1}{2} \theta} \right) XD$$

$$\text{Faktor Penampang (z)} = \frac{\sqrt{2(\theta - \sin \theta)^{1.5}}}{32(\sin \frac{1}{2} \theta)^{0.5}} XD^{2.5}$$

2. Prosedur Desain

Hitung A desain (A_d) $\rightarrow Ad \frac{Q}{v.izin}$

Tabel 2.13. Desain saluran berdasarkan kecepatan izin

No	Jenis Bahan	V.izin (m/det)
1	Pasir halus	0.45
2	Lempung kepasiran	0.5
3	Lahan Aluvial	0.6
4	Kerikil Halus	0.75
5	Lempung Kokoh	1.1
6	Lempung Padat	1.2
7	Batu-batu Besar	1.5
8	Pasangan Bata	1.5
9	Beton	1.5

Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, (SNI 03-3424-1994)

Tabel 2.14. Kemiringan Dinding Saluran Sesuai bahan

No	Bahan Saluran	Kemiringan (m)
1	Batuan cadas	~0
2	Tanah lumpur	0.25
3	Lempung Keras / Tanah	0.5-1.0
4	Tanah dengan Pasangan	1
5	Batu	1.5
6	Lempung	2
7	Tanah berpasir lepas Lumpur Berpasir	3

Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan (SNI 03-3424-1994)