

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Drainase

2.1.1 Pengertian Drainase

Drainage dapat didefinisikan adalah tindakan rekayasa mengurangi kelebihan air di area atau lahan tertentu agar tidak mengganggu fungsinya (Suripin, 2004). Kata "drainase" memiliki arti mengalirkan, mengalirkan, membuang, atau mengalirkan air. Jaringan selokan terutama terdiri dari perairan penerima, selokan utama, selokan pengumpul, dan selokan tangkap.

2.1.2 Jenis-jenis Drainase

A. Berdasarkan sejarah terbentuk

1. Drainase buatan

Merupakan drainase yang dibuat untuk tujuan konstruksi pengaliran air seperti gorong-gorong, konstruksi pasangan baru kali, ser

2. Drainase alamiah (*natural drainase*)

Merupakan akibat dari pergerakan air yang bergerak dari hulu menuju hilir mengikuti arus laut dan secara lambat laut daerah yang dilalui mengalami perubahan. Pembentukan ini alami dan tidak dibantu oleh struktur apapun.

B. Berdasarkan letak bangunan.

1. Drainase bawah permukaan (*subsurface drainase*)

Tujuan dari system drainase ini adalah dirancang untuk mengarahkan aliran permukaan melalui saluran-saluran bawah permukaan tanah. Hal ini dilakukan untuk keperluan fungsi darat yang tidak memungkinkan adanya saluran permukaan seperti taman, bandara, dan stadion olahraga.

2. Drainase permukaan (*surface drainase*)

Saluran yang berada di atas permukaan yang dimanfaatkan sebagai saluran pembuangan air limpasan. Aliran ini diarahkan melalui saluran drainase yang terletak diatas permukaan.

C. Drainase menurut konstruksi.

1. Saluran tertutup

Adalah saluran yang sering digunakan untuk mengalirkan air limbah berbahaya ke daerah sekitar atau saluran di tengah kota.

2. Saluran terbuka

Saluran yang digunakan untuk mengalirkan air hujan yang luas permukaannya cukup dan juga untuk mengalirkan air non-hujan tanpa menimbulkan resiko bahaya Kesehatan atau dampak lingkungan.

2.1.3 Fungsi Drainase

Menurut (Moduto, 2011), Fungsi dari drainase sebagai berikut:

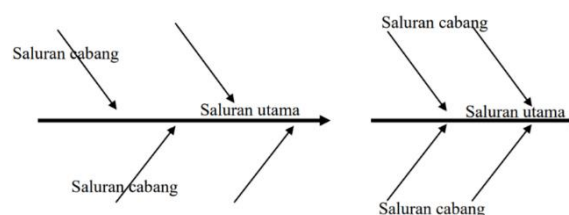
1. Pengolahan Kualitas air
2. Mengeringkan air pada daerah yang mengalami genangan.
3. Mengontrol akumulasi air limpasan yang berlebihan.
4. Pengendalian erosi, kerusakan jalan dan kerusakan prasarana umum lainnya.

2.1.4 Pola Jaringan Drainase

Berdasarkan Halim Hasmar (2012:4), terdapat enam jenis pola jaringan drainase, yaitu:

1. Alami

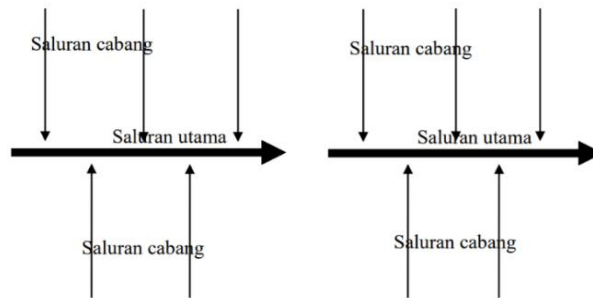
pola jaringan pada pola jaringan alami sama dengan model pada jaringan siku, Tetapi beban pada sungai di pola jaringan ini lebih besar dibandingkan pola jaringan siku.



Gambar 2. 1 Pola Jaringan Drainase Alamiah

2. Siku

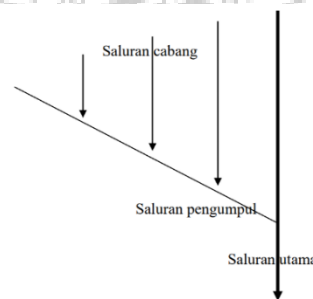
Sungai merupakan saluran pembuangan terakhir di tengah kota pada pola jaringan siku, sehingga dibangun pada Kawasan pada medan sedikit lebih tinggi dari daerah pembuang air drainase.



Gambar 2. 2 pola jaringan drainase siku

3. Grid iron

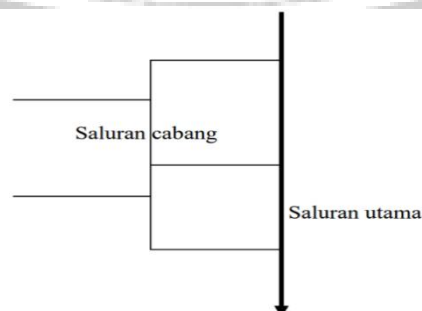
Pada daerah sungai yang letaknya berada di pinggiran kota, air yang mengalir pada saluran sekunder di tamping dahulu pada saluran pengumpul sebelum dialirkan pada sungai.



Gambar 2. 1 Pola jaringan Drainase Grid Iron

4. Jaring-jaring

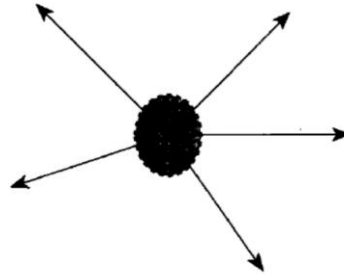
Saluran dengan pipa atau drainase di sepanjang jalan ideal untuk lingkungan datar atau miring.



Gambar 2. 4 Pola Jaringan Drainase Jaring-jaring

5. Radial

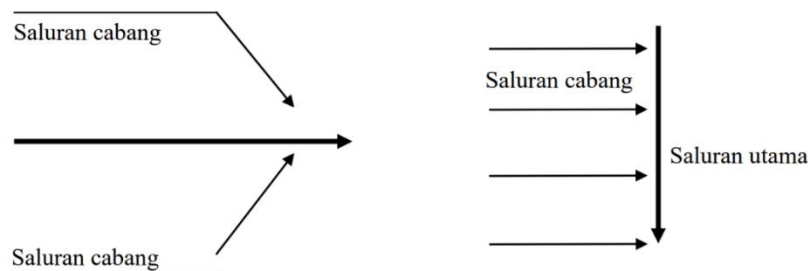
Pola saluran memanjang yang mengarah ke segala arah di tempat yang ketinggiannya lebih tinggi atau berada di daerah perbukitan.



Gambar 2. 2 Pola Jaringan Drainase Radial

6. Pararel

Saluran primer dan saluran sekunder sejajar. dan berkat banyaknya saluran sekunder (tingkat 2), saluran tersebut dapat beradaptasi dengan pertumbuhan yang terjadi pada daerah perkotaaan.



Gambar 2. 6 Jaringan Drainase Pararel

2.2 Analisis Hidrologi

Merupakan ilmu yang mempelajari keberadaan, peredaran, serta sebaran air di atmosfer, baik itu diatas maupun dibawah permukaan bumi (Soewarno, 1995). Dengan pemahaman tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwasannya ilmu hidrologi ini mencakup Sebagian besar permasalahan yang terjadi dan berkaitan dengan air. Namun pada akhirnya, ilmu ini berfokus pada bidang tertentu saja, seperti data hidrologi yang mencakup luas drainase, luasan dan frekuensi perkiraan intensitas hujan, limpasan permukaan yang dipengaruhi oleh besar kecilnya daerah aliran sungai (DAS). Sedangkan untuk luas limpasan dapat ditentukan dari peta topografi atau foto yang di ambil dari udara.

2.2.1 Parameter Statistik

Dalam penelitian ini ilmu hidrologi berperan sangat penting dalam menentukan nilai dari debit banjir rencana dengan melihat periode ulang dan data curah hujan yang ditentukan melalui perhitungan dan analisis distribusi probabilitas.

Namun sebelum data tersebut diolah dengan analisis distribusi probabilitas, hal yang dilakukan terlebih dahulu yang itu dengan melakukan perhitungan parameter statistic antara lain nilai mean hitung(\bar{X}), simpangan baku (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien Varians (C_s), dan Koefisien kurt.

Mean hitung (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$$

Dimana:

\bar{X} : mean hitung.

x : Data curah hujan tahun n .

n : Banyak data.

Simpangan baku (S)

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

Dimana:

N : banyak data.

X_i : Nilai varian.

\bar{X} : mean hitung.

S : Simpangan baku.

Koefisien Variasi (C_v)

Merupakan nilai perbandingan antara nilai distribusi rata-rata dan standar deviasi (Soewarno, 1995:80).

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

Dimana:

S : Simpangan baku.

\bar{X} : Mean hitung.

Koefisien Kemencengan (C_s).

nilai yang menunjukkan tingkat ketidaksimetrisan (*Assimetry*) dari jenis distribusi tertentu (Soewarno, 1995:81).

$$C_s = \frac{n \times \sum(X_i - \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3}$$

Koefisien Kortuis

Koefisien yang digunakan untuk menghitung keruncingan kurva distribusi (Soewarno, 1995:89).

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

2.2.2 Siklus Hidrologi

Adalah siklus perputaran air yang tidak akan pernah berhenti, karena akan selalu mengalami pengulangan dari atmosfer turun ke bumi dan kembali lagi ke atas lagi. Dalam siklus ini terdapat 4 proses tahapan yang di lalui, yaitu presipitasi, kondensasi (pengembunan), evaporasi (penguapan), dan perkolasi.

A. Presipitasi

Presipitasi adalah proses pembentukan hujan, salju, dan hujan batu dari kumpulan awan. Karena didorong oleh arus udara di atmosfer, awan-awan ini akan berputar mengelilingi Bumi.

B. Kondensasi (pengembunan)

Merupakan proses di mana uap air mengembang, mendingin karena suhu udara yang lebih rendah, dan kemudian berkondensasi. Dalam proses kondensasi, uap air biasanya berubah menjadi cair, salju, atau hujan batu yang padat.

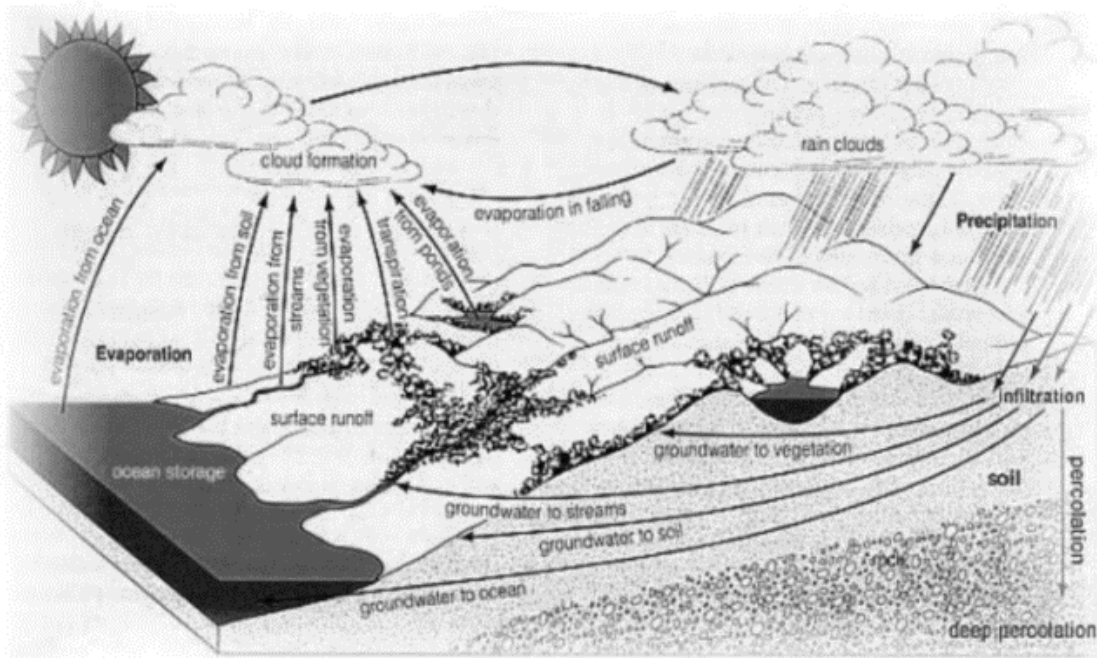
C. Evaporasi (penguapan)

Dalam proses evaporasi air akan menguap ke udara karena terkena paparan matahari.

D. Perkolasi

Merupakan proses air masuk ke dalam tanah, dalam perjalanannya uap air yang telah menjadi awan lama kelamaan akan terus berkumpul dan sewaktu-waktu

akan jatuh menuju permukaan tanah dan akan diserap oleh tanah dan tumbuhan disekitarnya.



Gambar 2. 3 Siklus Hidrologi

(Sumber: suripim, 2004).

2.2.3 Curah Hujan Rerata

Analisis hidrologi yang dilakukan untuk keperluan pengelolaan sumber daya air kurang tepat karena data yang dihasilkan dari alat ukur hujan hanya bisa menunjukkan jumlah curah hujan pada suatu wilayah tertentu. Oleh karena itu, penyediaan data curah hujan yang berkesinambungan, akurat dan tepat waktu sangatlah penting (Dehas Abdaa, 2021).

Dalam hal ini setiap stasiun hujan mempunyai zona pengaruhnya atau lingkup pengaruh yang digunakan untuk merepresentasikan hubungannya dengan stasiun hujan lainnya. Menurut Badan Meteorologi Dunia (WMO), kerapatan jaringan stasiun hujan normalnya antara 100 dan 250 km² di wilayah tropis seperti Indonesia.

2.3 Analisa Frekuensi dan Probabilitas

Frekuensi curah hujan adalah peluang terjadinya hujan dalam jumlah tertentu. Sedangkan masa ulang adalah masa yang di perkirakan akan aturun hujan dengan intensitas tertentu. Dalam drainase perkotaan dengan luas daerah 10-100 hektar karakteristik hidrologi yang ditetapkan memiliki periode ulang 2-5 tahun, yang berarti setiap 5 tahun sekali terjadi curah hujan tertinggi atau periode ulang eksklusif sama dengan atau melebihi perkiraan curah hujan.

Perkiraan curah hujan yang sudah diperkirakan dapat dihitung dengan menggunakan metode hitung yaitu metode distribusi normal, distribusi log-normal. Distribusi log person type III, dan distribusi gumbel.

Tabel 2. 1 karakteristik distribusi frekuensi

Jenis distribusi frekuensi	Syarat distribusi
Distribusi Normal	$C_s = 0$ dan $C_k = 3$
Distribusi Log Normal	$C_s > 0$ dan $C_k > 3$
Distribusi Gumbel	$C_s = 1,139$ dan $C_k = 5,402$
Distribusi Log-Person III	Selain dari nilai diatas

(Sumber: suripin, 2004).

1. Distribusi Normal

Distribusi normal yang dikenal juga distribusi Gaussian memiliki persamaan sebagai berikut:

$$X_t = X + K_t \times S$$

Dengan:

S : standar deviasi dari nilai variat

X_T : perkiraan yang diharapkan seperti periode keuntungan tahunan T.

K_T : Koefisien frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang.

X : rata-rata hitung variabel.

Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang	Peluang	KT	No	Periode Ulang	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3,05	12	3,330	0,300	0,52
2	1,005	0,995	-2,58	13	4,000	0,250	0,67
3	1,010	0,990	-2,33	14	5,000	2,00	0,84
4	1,050	0,950	-1,64	15	10,000	0,100	1,28
5	1,110	0,900	-1,28	16	20,000	0,050	1,64
6	1,250	0,800	-0,84	17	50,000	0,020	2,05
7	1,330	0,750	-0,67	18	100,000	0,010	2,33
8	1,430	0,700	-0,52	19	200,000	0,005	2,58
9	1,670	0,600	-0,25	20	500,000	0,002	2,88
10	2,000	0,500	0	21	1,000,000	0,001	3,09
11	2,500	0,400	0,25				

(sumber: Suripin, 2004).

2. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi ini, jika variabel acak $Y = \log X$ berdistribusi normal, maka X dianggap mengikuti distribusi log normal. Persamaan distribusi log-normalnya adalah sebagai berikut:

$$\log X_t = \log X + K_t \times S \log X$$

Dimana:

S : simpangan baku nilai variat

Y : Mean nilai hitung variat.

Y_t : perkiraan yang diharapkan seperti periode keuntungan tahunan T .

$$Y_t = \log x$$

K_t : Koefisien frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang.

Untuk nilai K_t bisa dilihat di Tabel 2.2.

3. Distribusi Log person III

Untuk perhitungan distribusi Log person III mirip dengan perhitungan distribusi Log normal. Persamaan distribusi log person II sebagai berikut:

$$\log X_t = \log X + K_t \times S \log X$$

Dengan:

$$\text{Log } X : \text{Mean dari } \log x = \sqrt{\frac{\sum \log xi}{n}}$$

$$S \log X : \text{nilai Mean populasi } X = \sqrt{\frac{\sum (\log xi - \log x)^2}{n-1}}$$

Log X_t : logaritma nilai hujan rencana dengan periode ulang T

K_t : Koefisien frekuensi, tergantung dari koefisien kemencengan G . Dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2. 3 Nilai K untuk distribusi log person III

Koef. G	Interval kejadian (periode ulang)							
	10,101	12,500	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
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	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	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	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: Suripin, 2004

4. Distrubusi Gumbel

Persamaan dari distribusi gumbel dapat dilihat pada rumus berikut:

$$X_t = X + K \times S$$

Untuk nilai koefisien frekuensi dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n}$$

Dimana:

T_r : Siklus tahunan berulang.

X_t : curah hujan periode tahun T_r (mm).

S : Simpangan baku.

K : Koefisien frekuensi.

X : curah hujan tertinggi pada tahun pengamatan (mm).

S_n : reduced standard.

Y_{tr} : reduced variate.

Y_n : reduced mean.

Besarnya nilai Y_{tr} , S_n , dan Y_n dapat dilihat pada tabel 2.4, 2.5, 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Reduced variate (Y_{tr})

Periode Ulang	Reduced Variate	Periode Ulang	Reduced Variate
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

(sumber: Suripin, 2004).

Tabel 2. 5 Standar deviasi (S_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	0,5604	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(sumber: Suripin, 2004).

Tabel 2. 6 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	0,5202	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

(Sumber: Suripi, 2004).

2.4 Uji Kecocokan Distribusi

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kesesuaian data distribusi frekuensi sampel terhadap fungsi distribusi estimasi atau representasi distribusi frekuensi (Soewarno, 2014). Analisis uji kecocokan biasanya menggunakan dua metode pengujian parametrik, yaitu uji Smirnov-kolmogrov dan uji Chi-Square (Suripin, 2004).

2.4.1 Metode Uji Smirnov-kolmogrov

Karena tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, maka uji kesesuaian dengan menggunakan metode ini juga dikenal dengan sebagai uji kesesuaian non-parametrik. Uji Smirnov-kolmogrov dilakukan dengan analisis sebagai berikut:

Menggunakan data (X_i) dari kecil ke besar atau sebaliknya.

Untuk mencari probabilitas empiris dari data terurut $P(X_i)$, digunakan persamaan berikut:

$$Pe = \frac{m}{n + 1} \times 100$$

Dengan:

n : banyaknya data.

m : nomer urutan data dari tabel.

Pe : peluang empiris.

i : nomer urutan data setelah diurutkan dari terbesar ke terkecil.

perhitungan nilai $f(i)$ dilakukan sebagai acuan untuk menghitung nilai pada tabel luas di bawah kurva normal.

$f(i) = \text{data curah hujan} + \text{curah hujan rerata} + \text{standar deviasi}$

1. Mengingat P_t merupakan nilai X_i dari 1-nilai tabel wilayah luas di bawah kurva normal, hitunglah dengan mencari probabilitas teoritisnya,

lalu hitung menggunakan metode yang diberikan sebagai berikut dimana $P_t = P_t'(X_i) \times 100$.

2. Hitung ΔP_i antara probabilitas eksperimen dan probabilitas teoritis untuk setiap data yang disusun sebagai berikut $\Delta P_i = P_e - P_t$.
3. Tentukan apakah $\Delta P < \Delta P$ sangat kritis (Tabel 2.8), jika "tidak" menunjukkan bahwa distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima maka yang terjadi adalah sebaliknya.

Tabel 2. 7 Nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov)

N	Derajat kepercayaan (%)		
	0,20	0,10	0,05
5	0,45	0,51	0,56
10	0,32	0,37	0,41
15	0,27	0,30	0,34
20	0,23	0,26	0,29
25	0,21	0,24	0,27
30	0,19	0,22	0,24
35	0,18	0,20	0,23
40	0,17	0,19	0,21
45	0,16	0,18	0,20
50	0,15	0,17	0,19
N>50	1,07	1,22	1,36
	N0,5	N0,5	N0,5

(Sumber: Bonnier, 1980 dalam suripin, 2004).

2.4.2 Metode uji Chi-Square

Tujuan dari metode ini adalah memeriksa apakah persamaan distribusi yang digunakan bisa menunjukkan distribusi statistic dari sampel data yang dianalisis. Statistic metode chi-square dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Dengan:

X^2 : Parameter *Chi-square*.

M : Banyak kategori.

O_i : Frekuensi hasil obeservasi.

E_i : Frekuensi yang diinginkan.

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) yang umumnya sering digunakan adalah 5%. Derajat kebebasan (DK) dihitung berdasarkan rumus:

$$DK = K - (P + 1)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

Dengan:

n : jumlah data.

DK : Derajat kebebasan.

K : Banyak kelas.

P : jumlah parameter, untuk chi-square jumlah parameternya 2.

Untuk menentukan sebaran curah hujan, metode yang digunakan adalah sebaran dengan simpangan maksimum (X^2) lebih kecil dari simpangan kritis (X^2_{cr}), dengan persamaan sebagai berikut:

$$X^2 < X^2_{cr}$$

Dengan:

X^2 : parameter chi-square hitung.

X^2_{cr} : parameter chi-square kritis (dapat dilihat pada tabel 2.7).

Saat menjalankan pengujian dilakukan beberapa Langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data observasi dari terkecil ke terbesar dan sebaliknya.
2. Hitung banyak kelas.
3. Hitung parameter X^2_{cr} dan Dk.
4. Hitung kelas distribusi.
5. Hitung selang waktu antar lapisan.
6. Menghitung parameter X^2 .
7. Membandingkan nilai X^2 dengan X^2_{cr} .

Tabel 2. 8 Nilai Kritis distribusi Chi-Kuadrat

df	0,1	0,05	0,025	0,001	0,005
1	2,705543	3,841459	5,023886	6,634897	7,879439
2	4,605170	5,991465	7,377759	9,210340	10,596635
3	6,251389	7,814728	9,348404	11,344867	12,838156
4	7,779440	9,487729	11,143287	13,276704	14,860259
5	9,236357	11,070498	12,832502	15,086272	16,749602
6	10,644641	12,591587	14,449375	16,811894	18,547584
7	12,017037	14,067140	16,012764	18,475307	20,277740
8	13,361566	15,507313	17,534546	20,090235	21,954955
9	14,683657	16,918978	19,022768	21,665994	23,589351
10	15,987179	18,307038	20,483177	23,209251	25,188180
11	17,275009	19,675138	21,920049	24,724970	26,756849
12	18,549348	21,026070	23,336664	26,216967	28,299519
13	19,811929	22,362032	24,735605	27,688250	29,819471
14	21,064144	23,684791	26,118948	29,141238	31,319350
15	22,307130	24,995790	27,488393	30,577914	32,801321
16	23,541829	26,296228	28,845351	31,999927	34,267187
17	24,769035	27,587112	30,191009	33,408664	35,718466
18	25,989423	28,869299	31,526378	34,805306	37,156451
19	27,203571	30,143527	32,852327	36,190869	38,582257
20	28,411981	31,410433	34,169607	37,566235	39,996846
21	29,615089	32,670573	35,478876	38,932173	41,401065
22	30,813282	33,924438	36,780712	40,289360	42,795655
23	32,006900	35,172462	38,075627	41,638398	44,181275
24	33,196244	36,415029	39,364077	42,979820	45,558512
25	34,381587	37,652484	40,646469	44,314105	46,927890
26	35,563171	38,885139	41,923170	45,641683	48,289882
27	36,741217	40,113272	43,194511	46,962942	49,644915
28	37,915923	41,337138	44,460792	48,278236	50,993376
29	39,087470	42,556968	45,722286	49,587884	52,335618
30	40,256024	43,772972	46,979242	50,892181	53,671962
31	41,421736	44,985343	48,231890	52,191395	55,002704
32	42,584745	46,194260	49,480438	53,485772	56,328115
33	43,745180	47,399884	50,725080	54,775540	57,648445
34	44,903158	48,602367	51,965995	56,060909	58,963926
35	46,058788	49,801850	53,203349	57,342073	60,274771
36	47,212174	50,998460	54,437294	58,619215	61,581179
37	48,363408	52,192320	55,667973	59,892500	62,883335
38	49,512580	53,383541	56,895521	61,162087	64,181412
39	50,659770	54,572228	58,120060	62,428121	65,475571
40	51,805057	55,758479	59,341707	63,690740	66,765962

Sumber: Suripin, 2004.

2.5 Debit Hujan

Adalah jumlah air terbesar yang mengalir masuk ke saluran drainase akibat hujan. Rencana drainase yang luas sering kali diterapkan di wilayah sungai, sedangkan wilayah drainase yang sempit sering kali memerlukan didasarkan pada perhitungan yang masuk akal dan rasional. Bentuk umum dari persamaan rasional adalah sebagai berikut:

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

Dengan :

Q : Debit air hujan maksimum (m³/detik).

A : Luas permukaan luas drainase (Km²).

I : Intensitas hujan (mm/jam).

C : Koefisien debit/aliran.

0,278 : Faktor konversi

Tabel 2. 7 Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode ulang (Tahun)	Metode Perhitungan Debit Hujan
< 10	2	Rasional
10 - 100	2 - 5	Rasional
101 - 500	5 - 20	Rasional
> 500	10 - 25	Hidrograf Satuan

(sumber: Suripin, 2004).

2.5.1 Analisis Intensitas Hujan

Banyaknya hujan yang terjadi pada suatu periode tertentu biasanya disebut juga intensitas. Pada wilayah dengan hujan yang memiliki intensitas tinggi, biasanya periode ulang memiliki waktu lebih lama dan intensitasnya lebih tinggi.

Untuk persamaan dalam perhitungan intensitas adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{R^{24}}{24} \times \left(\frac{24}{Tc}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Dengan:

I = intensitas hujan (m/jam, m/detik)

Tc = waktu konsentrasi(jam, detik)

R²⁴ = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

Untuk perhitungan Tc menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Tc = t_0 + td$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}}\right) 0,167$$

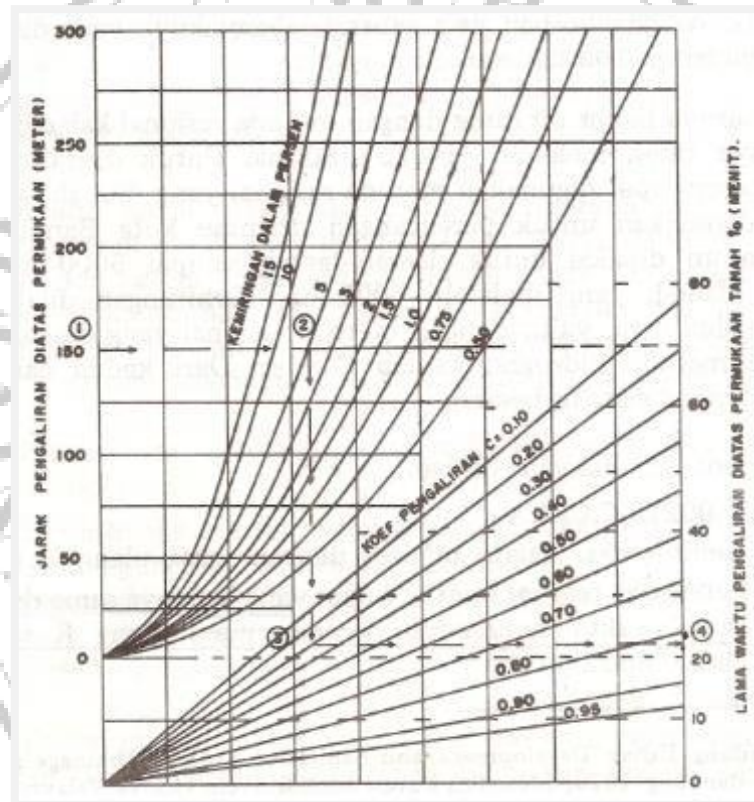
$$td = \frac{L}{60 \times v}$$

Dengan:

Tc : waktu konsentrasi (jam).

- Td : waktu aliran (menit).
 L : panjang saluran (m).
 S : kemiringan daerah drainase.
 Nd : koef. hambatan (tabel 2.11).
 V : kecepatan aliran yang diijinkan (m/detik) (tabel 2.12).
 L0 : panjang permukaan daerah drainase.
 To : waktu inlet (menit).

Nilai To diperoleh dari hubungan jarak dan kemiringan saluran serta koefisien aliran (flow) yang dinyatakan dalam nomogram To.



Gambar 2. 4 Grafik Nomogram To.

2.5.2 Koefisien Pengaliran

Koefisien drainase digunakan untuk mengukur rasio antara curah hujan di suatu wilayah terhadap banyaknya debit air hujan yang jatuh pada daerah tersebut. Koefisien drainase sering mengalami perubahan terhadap waktu yang dipengaruhi oleh lokasi daratan dan aliran sungai pada daerah tersebut (Suroso et, 2014).

Koefisien aliran di suatu daerah dapat dipengaruhi oleh beberapa factor, antara lain:

1. Letak daerah aliran pada arah mata angin.
2. Kemiringan daerah drainase dan dasar sungai.
3. Ukuran serta bentuk daerah drainase.
4. Kapasitas dasar sungai dan luas area sekitarnya.
5. kondisi hujan.
6. Kemampuan tanah untuk menembus dan menyaring.
7. Kelembaban tanah.
8. Suhu udara, angin dan penguapan.

Untuk menentukan nilai dari koefisien pencarian suatu wilayah yang terdiri dari banyaknya tipe penggunaan lahan yang berbeda, rata-rata koefisien drainase setiap tipe penggunaan lahan dihitung dengan memberi bobot pada setiap bagian berdasarkan luas yang diwakilinya. Untuk menghitungnya maka persamaan tersebut digunakan (Suhardjono, 1984).

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Dengan :

C : Koef. Mean Drainase.

A_i : Luas penggunaan lahan.

C_i : Koef. pengaliran tata guna lahan

2.6 Faktor Limpasan

Besaran atau factor yang diterapkan pada koefisien aliran normal untuk mempertahankan tingkat kinerja saluran agar tetap berada di bawah daya dukung saluran akibat penimbunan berlebihan pada daerah drainase karena luas drainase yang terlalu besar

Tabel 2. 8 Harga koefisien pengaliran (C) dan Faktor limpasan

Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran	Faktor Limpasan
1. Jalan beton dan Jalan aspal	0,70 - 0,95	-
2. Jalan Kerikil dan Jalan tanah	0,40 - 0,70	-
3 Bahu Jalan		-
tanah berbutir halus	0,40 - 0,65	-
tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20	-
batuan industri keras	0,70 - 0,35	-
batuan industri lunak	0,60 - 0,75	-
4. daerah perkotaan	0,70 - 0,95	2,0
5. daerah pinggiran kota	0,60 - 0,70	1,5
6. daerah industri	0,60 - 0,90	1,2
7. pemukiman padat penduduk	0,60 - 0,80	2,0
8. pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60	1,5
9. taman dan kebun	0,20 - 0,40	0,2
10. persawahan	0,45 - 0,60	0,5
11. perbukitan	0,70 - 0,80	0,4
12. pegunungan	0,75 - 0,90	0,3

(Sumber: Suripin, 2004)

2.7 Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk mengidentifikasi berapa banyak volume air limbah yang dihasilkan dari suatu pemukiman, maka diperlukan perhitungan jumlah penduduk untuk tahun perencanaan yang akan mendatang. Ada beberapa cara untuk menentukan jumlah penduduk di masa depan, seperti metode aritmatika, geometri, dan eksponensial.

Metode aritmatika merupakan sebuah metode untuk menghitung masa depan apakah populasi akan mengalami peningkatan yang setara setiap tahunnya.

$$P_n = P_0(1 + r.n)$$

Dengan:

P_n = Banyak penduduk pada tahun ke n .

n = jangka waktu.

P_0 = Banyak penduduk awal tahun.

r = laju pertumbuhan.

Pendekatan geometri digunakan untuk menentukan laju pertumbuhan dengan menggunakan nilai pertumbuhan yang tetap atau konstan sepanjang tahun.

$$P_n = P_0(1 + r)^n$$

Dengan:

P_n = Banyak penduduk pada tahun ke n .

P_0 = Banyak penduduk awal tahun.

n = jangka waktu.

r = laju pertumbuhan.

Pendekatan eksponensial digunakan untuk mengetahui pertumbuhan harian dengan nilai pertumbuhan yang telah ditentukan.

$$P_n = P_0 \times e^{rt}$$

Dimana,

P_n = Banyak penduduk pada tahun ke n .

P_0 = Banyak Penduduk awal tahun.

r = laju pertumbuhan.

e = nilai eksponensial.

n = jangka waktu

2.8 Debit Air Kotor

Debit air kotor merupakan air limbah yang bersumber dari air kotor yang dibuang dari pembuangan rumah tangga, bangunan, fasilitas serta tempat lainnya. Banyaknya air kotor yang masuk ke saluran tergantung pada rata-rata kebutuhan air dan kepadatan penduduk yang tinggal di wilayah perencanaan. Sebagaimana dinyatakan oleh (Suhardjono, 1984), jumlah air yang dibuang ke system drainase menyumbang 90% dari keseluruhan kebutuhan air bersih di wilayah perencanaan. Untuk persamaan perhitungan debit air kotor dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = (P_n \times q) / A$$

Dengan :

Q : debit air yang dibuang (m^3 /detik/ha).

A : Luas daerah (ha).

P_n : Banyak penduduk (orang).

q : Jumlah total air kotor (m^3 /detik/orang).

dimana:

$$q = 90\% \times \text{jumlah kebutuhan air bersih}$$

2.9 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolik merupakan pendekatan hidrolik tingkat lanjut dimana digunakan untuk menentukan bentuk dimensi saluran berdasarkan desain dari aliran banjir pada suatu daerah. Terdapat tiga tahapan dalam analisis hidrolik yaitu menganalisis kapasitas saluran maksimum, mengevaluasi kapasitas saluran relative terhadap debit rencana, serta memperkirakan tinggi dan kemiringan ideal saluran berdasarkan daya tampung atau massa yang masuk kedalam saluran. Sehingga kriteria perencanaan harus diperhitungkan Ketika menentukan ukuran saluran drainase.

2.9.1 Kapasitas Saluran

Langkah pertama dalam menganalisis adalah dengan mengasumsikan terdapat aliran sama. Dan dalam menghitung daya tampung saluran maka digunakan persamaan kontinuitas dan rumus manning sebagai berikut:

$$Q = A \times V$$

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

$$R = \frac{A}{P}$$

Dengan :

- Q : debit saluran (m³/detik).
- V : kecepatan Mean (m/detik).
- A : luas penampang basah (m²).
- R : jari-jari hidrolis (m).
- P : keliling basah (m).
- S : kemiringan saluran.
- n : koef. Kekasaran.

Tabel 2. 9 Nilai Koefisien Kekasaran Manning.

no	tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/ gangguan	0,011	0,013	0,014
	beton di poles	0,011	0,012	0,014
	saluran permbuangan dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2	Tanah, lurus dan seragam			
	bersih baru	0,016	0,018	0,020
	bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	berkerikil	0,022	0,025	0,030
	berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3	saluran alam			
	bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	bersih berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	dataran banjir berumput pendek - tinggi	0,025	0,030	0,035
	saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

(Sumber: Chow, 1997).

Tabel 2. 10 nilai kecepatan aliran air yang diizinkan.

Jenis Bahan	kecepatan Aliran Air yang diizinkan (m/detik)
pasir halus	0,45
lempung kepasiran	0,50
lanau aluvial	0,60
kerikil halus	0,75
lempung kokoh	0,75
lempung padat	1,10
kerikil kasar	1,20
batu-batu besar	1,50
pasangan batu	1,50
beton	1,50
beton bertulang	1,50

Sumber: SNI 03-3424, (1994:7)

2.9.2 Bentuk Penampang Saluran

Saat merencanakan drainase, dimensi saluran harus direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ekonomis. Saluran yang mampu mentransmisikan laju aliran maksimum untuk profil basah, kasar, dan gradien rendah tertentu adalah yang apling ekonomis.

1. Penampang segi empat

Untuk merencanakan saluran dengan reservoir berbentuk persegi Panjang maka digunakan persamaan sebagai berikut (Suripin, 2004).

$$A = b \times h$$

$$P = b + 2h$$

$$R = \frac{b \times h}{b + 2h}$$

Dimana:

A : luas penampang (m²).

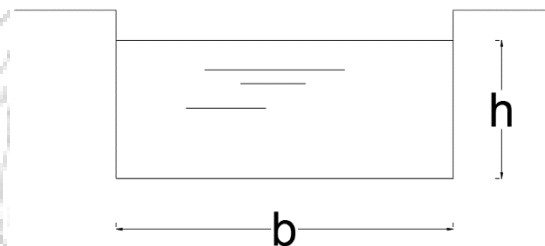
P : keliling basah (m).

R : jari-jari hidrolis (m).

m : kemiringan.

b : Lebar dasar saluran (m).

h : tinggi saluran tergenang (m).



Gambar 2. 5 Saluran penampang segi empat

2. Penampang trapesium

Sedangkan untuk penampang bagian trapezium digunakan persamaan berikut:

$$A = (B + m \times h) \times h$$

$$P = B + 2 \times h \sqrt{1 + m^2}$$

$$Y = Y_{kaps} + F$$

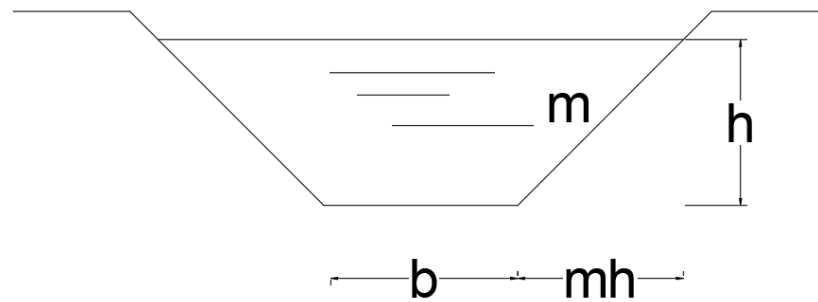
Dengan :

B : lebar dasar (m)

F : tinggi jagaan (m).

Y_{kaps} : tinggi aliran maksimum.

m : faktor kemiringan.



Gambar 2. 6 Saluran penampang trapezium.

2.9.3 Perencanaan Inlet

Saat merencanakan saluran drainase, biasanya terdapat jaringan saluran masuk di setiap saluran drainase. Saluran ini dapat menyalurkan air hujan yang jatuh ke jalan dan kolam, kemudian dialirkan ke saluran drainase lain yang berdekatan dengan jalan.

1. Curb Inlet

Menurut (Moduto, 1998) rumus untuk menghitung curb inlet adalah sebagai berikut:

$$\frac{Q}{L} = 0,36 \times g \times d^{3/2}$$

Dimana :

Q : Daya tampung curb inlet (m³/dtk).

d : Kedalaman air dalam curb Inlet (m).

g : Gravitasi (m/s²).

L : Lebar bukaan (m).