



BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN
LANDASAN TEORI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian tentang evaluasi sistem drainase sudah pernah dilakukan di Indonesia, dengan karakteristik wilayah yang berbeda-beda. Fairizi (2015) melakukan analisis dan evaluasi saluran drainase pada kawasan Perumnas Talang Kelapa di Subdas Lambidaro Kota Palembang. Data curah hujan yang digunakan pada analisis tersebut merupakan data hujan dari tahun 2001 hingga 2012. Analisis distribusi frekuensi dilakukan terhadap data curah hujan tersebut menggunakan Metode Distribusi Probabilitas Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel yang kemudian dilakukan pengujian kecocokan distribusi dengan Uji Kolmogrov-Smirnov. Hal ini bertujuan untuk menentukan data curah hujan yang cocok dengan parameter statistik dari uji kecocokan distribusi yang nantinya digunakan dalam perhitungan hujan rencana. Penggambaran lengkung IDF dari persamaan Talbot, Sherman dan Ishiguro dilakukan guna menentukan intensitas hujan. Perencanaan dimensi saluran pada penelitian ini dihitung menggunakan Metode Rasional dan program *SWMM*. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara dimensi saluran hasil hitungan tersebut dengan dimensi eksisting guna mengetahui terjadinya limpasan pada tiap-tiap saluran. Analisis kemampuan sistem drainase dilakukan dengan menggunakan program *SWMM*.

Melinda (2018) melakukan analisis kinerja sistem drainase Kelurahan Tanjung Kecamatan Muntok. Data yang digunakan adalah data curah hujan, peta administrasi, peta kontur, peta tata guna lahan, dan *outline plan* drainase Kota Muntok. Dalam analisis kinerja kapasitas tampang saluran, perhitungan dilakukan berdasarkan debit rencana, sedangkan penilaian indikator fisik berdasarkan bobot yang telah ditentukan. Penilaian terhadap kinerja sistem drainase ditinjau dari dua aspek, yaitu aspek non fisik dan fisik yang nantinya dicocokkan dengan indikator bobot penilaian yang telah ditentukan oleh Kementerian Pekerjaan Umum.

Arifin (2009) melakukan evaluasi kinerja sistem drainase perkotaan di wilayah Purwokerto. Evaluasi kinerja sistem drainase dilakukan dengan membandingkan debit yang masuk dan kapasitas tampang saluran. Dalam analisis tersebut, debit rencana diperoleh dengan menggunakan analisis hidrologi debit banjir kala ulang 10 tahunan untuk saluran sub makro, dan kala ulang 5 tahunan untuk saluran drainase mikro. Kapasitas tampang saluran dianalisis menggunakan persamaan Manning. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas saluran drainase sub makro di lokasi penelitian tidak dapat menampung debit rencana dengan kala ulang 10 tahunan. Hal ini disebabkan oleh penyempitan saluran akibat sedimentasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan normalisasi saluran di masing-masing lokasi. Untuk saluran mikro, terdapat lima lokasi dengan kapasitas saluran yang tidak dapat menampung debit rencana sehingga perlu dilakukan pelebaran saluran.

Restiani (2015) melakukan analisis kinerja sistem drainase di Kelurahan Kuto Panji Kecamatan Belinyu. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan, peta administrasi, peta kontur, peta tata guna lahan dan *outline plan* drainase Kota Belinyu. Berdasarkan perhitungan dan kondisi eksisting di lapangan, diperoleh bahwa terdapat beberapa saluran sekunder yang tidak mampu menampung debit rencana. Tingkat kinerja sistem drainase terhadap indikator fisik yang dinyatakan dalam *score* dicocokkan dengan indikator bobot penilaian yang telah ditentukan oleh Kementerian Pekerjaan Umum. Solusi terhadap permasalahan banjir yang direkomendasikan pada kawasan ini antara lain dengan cara pembersihan dan pemeliharaan saluran drainase dari semak, pemasangan saringan sampah dan normalisasi saluran berupa pengerukan secara berkala, serta penyediaan sumur resapan pada bangunan di pinggir saluran.

Kurniasari (2015) juga melakukan evaluasi kinerja jaringan drainase Kelurahan Gandekan, Jebres, Surakarta (Sub Sistem Das Kali Pepe Hilir) berdasarkan parameter penilaian kondisi fisik dari masyarakat di lokasi penelitian dan lembaga terkait. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif evaluatif yang dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada 96 responden, wawancara dan survey langsung ke lokasi penelitian untuk mengumpulkan data primer kondisi fisik

jaringan drainase di lokasi penelitian. Analisis data dilakukan dengan memberikan penilaian terhadap kondisi fisik di lapangan berdasarkan hasil observasi langsung. Penilaian kuesioner dalam penelitian ini menggunakan skala Guttman dan Linkert. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi fisik jaringan drainase Kelurahan Gandekan adalah 61,90% masuk dalam kategori cukup, dan telah terjadi kerusakan/penurunan kondisi infrastruktur jaringan drainase sebesar 38,10%. Tingkat partisipasi lembaga terkait sebesar 75,83% masuk kategori sedang, dan tingkat partisipasi masyarakat sebesar 81,28% masuk kategori tinggi. Kinerja jaringan drainase Kelurahan Gandekan dinilai berdasarkan kondisi fisik, partisipasi lembaga terkait dan partisipasi masyarakat adalah sebesar 67,65% masuk katagori cukup.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Drainase Perkotaan

Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004).

Drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang diterapkan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota (Hasmar, 2012).

Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi:

1. Permukiman
2. Kawasan industri dan perdagangan
3. Kampus dan sekolah
4. Rumah sakit dan fasilitas umum
5. Lapangan olahraga
6. Lapangan parkir
7. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi
8. Pelabuhan udara.

Menurut Hasmar (2012), sarana penyediaan sistem drainase dan pengendalian banjir bertujuan untuk:

1. Penataan sistem jaringan drainase primer, sekunder dan tersier melalui normalisasi maupun rehabilitasi saluran guna menciptakan lingkungan yang aman dan baik terhadap genangan, luapan sungai, banjir kiriman, maupun hujan lokal.
2. Memenuhi kebutuhan dasar (*basic need*) drainase bagi kawasan hunian dan kota.
3. Menunjang kebutuhan pembangunan (*development need*) dalam menunjang terciptanya skenario pengembangan kota untuk kawasan andalan dan menunjang sektor unggulan yang berpedoman pada Rencana Umum Tata Ruang Kota.

2.2.2 Jenis – Jenis Drainase

Menurut Edisono dkk., (1997), jenis-jenis drainase terbagi menjadi empat kelompok, yaitu menurut sejarah terbentuknya, menurut letak bangunan, menurut fungsi dan menurut konstruksi.

1. Menurut Sejarah Terbentuknya.

Jenis drainase menurut sejarah terbentuknya terbagi menjadi dua yaitu drainase alamiah (*natural drainage*) dan drainase buatan (*artificial drainage*)

- a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alamiah merupakan drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

- b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan merupakan drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, dan sebagainya.

2. Menurut Letak Bangunan.

Jenis drainase menurut letak bangunan terbagi menjadi dua yaitu drainase permukaan tanah (*surface drainage*) dan drainase bawah permukaan tanah (*subsurface drainage*)

a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Drainase permukaan tanah merupakan saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya berupa analisa *open channel flow*.

b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface Drainage*)

Drainase bawah permukaan tanah merupakan saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa) dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan tersebut antara lain: tuntutan artistik, tuntutan fungsi di permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

3. Menurut Fungsi.

Jenis drainase menurut fungsi terbagi menjadi dua yaitu *single purpose* dan *multi purpose*.

a. *Single Purpose*

Drainase berjenis *single purpose* merupakan drainase yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.

b. *Multi Purpose*

Drainase berjenis *multi purpose* merupakan drainase yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut Konstruksi.

Jenis drainase menurut konstruksi terbagi menjadi dua yaitu saluran terbuka dan saluran tertutup.

a. Saluran Terbuka

Saluran terbuka merupakan saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

b. Saluran Tertutup

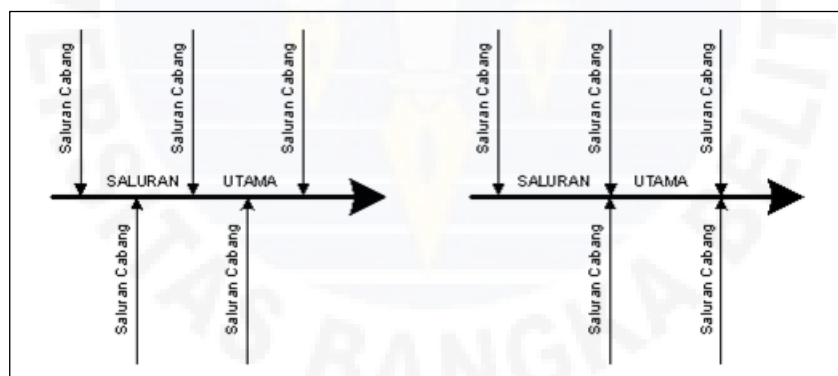
Saluran tertutup merupakan saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/ lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

2.2.3 Pola Jaringan Drainase

Berdasarkan Edisono dkk., (1997), pola jaringan drainase terbagi menjadi enam, yaitu:

1. Pola Siku

Pola jaringan siku dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi daripada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota. Pola jaringan drainase siku dapat dilihat pada Gambar 2.1.

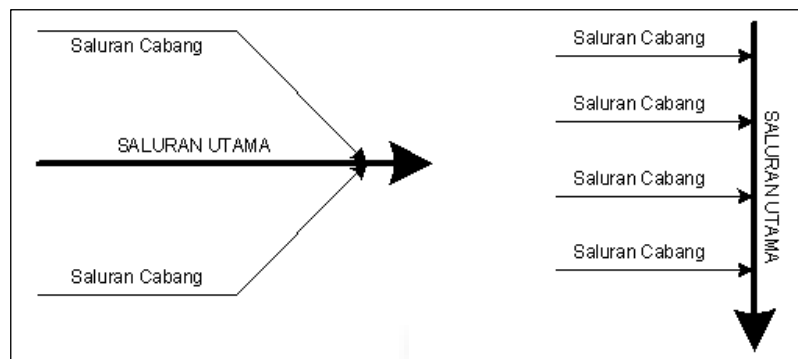


Sumber: Edisono dkk., (1997)

Gambar 2.1 Pola jaringan drainase siku

2. Pola Paralel

Pada pola jaringan paralel, saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri. Pola paralel dapat dilihat pada Gambar 2.2.

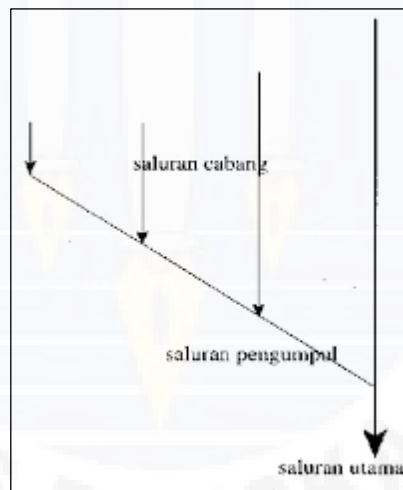


Sumber: Edisono dkk., (1997)

Gambar 2.2 Pola jaringan drainase paralel

3. Pola *Grid Iron*

Pola *grid iron* merupakan pola jaringan drainase yang cocok diterapkan pada daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul. Pola jaringan drainase *grid iron* dapat dilihat pada Gambar 2.3.

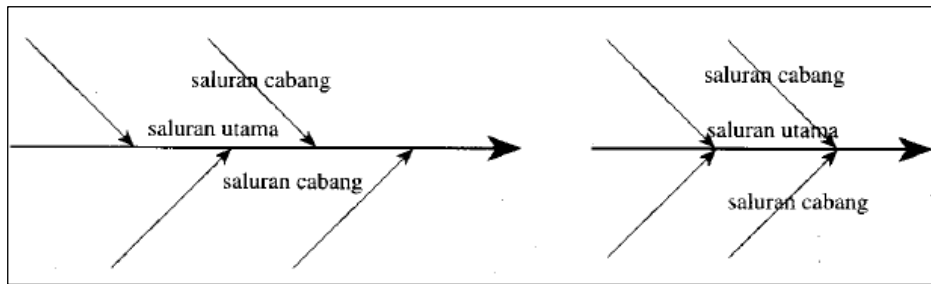


Sumber: Edisono dkk., (1997)

Gambar 2.3 Pola jaringan drainase grid icon

4. Pola Alamiah

Seperti halnya pola siku, pola alamiah merupakan pola yang dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi daripada sungai yang berperan sebagai saluran pembuang akhir. Namun, beban sungai pada pola alamiah cenderung lebih besar. Pola jaringan drainase alamiah dapat dilihat pada Gambar 2.4.

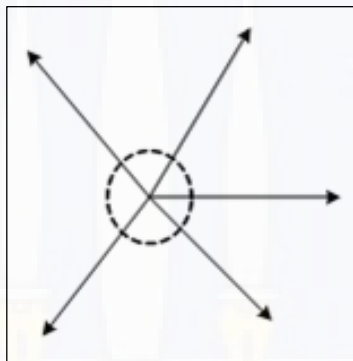


Sumber: Edisono dkk., (1997)

Gambar 2.4 Pola jaringan drainase alamiah

5. Pola Radial

Pola radial merupakan pola jaringan drainase yang cocok diterapkan pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah. Pola jaringan drainase radial dapat dilihat pada Gambar 2.5.

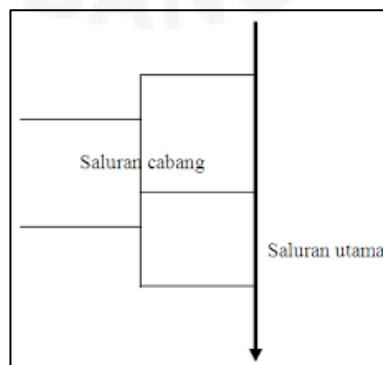


Sumber: Edisono dkk., (1997)

Gambar 2.5 Pola jaringan drainase radial

6. Pola Jaring-jaring

Pola jaring-jaring merupakan pola jaringan drainase dengan saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah topografi datar. Pola jaringan drainase jaring-jaring dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Sumber: Edisono dkk., (1997)

Gambar 2.6 Pola jaringan drainase jaring-jaring

2.2.4 Klasifikasi Saluran

Bila ditinjau dari segi fisik (hirarki susunan saluran), sistem drainase perkotaan diklasifikasikan sebagai berikut (Hasmar, 2012):

1. Jaringan Primer

Jaringan primer merupakan saluran yang memanfaatkan sungai dan anak sungai.

2. Jaringan Sekunder

Jaringan sekunder merupakan saluran yang menghubungkan saluran tersier dengan saluran primer (dibangun dengan beton/plesteran semen).

3. Jaringan Tersier

Jaringan tersier merupakan saluran untuk mengalirkan limbah rumah ke saluran sekunder berupa plasteran, pipa dan tanah.

2.2.5 Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dilakukan untuk mendapatkan tinggi curah hujan tahunan tahun ke n yang akan digunakan untuk mencari debit banjir rancangan (Harahap dkk., 2020).

Tujuan dari analisis distribusi curah hujan rencana adalah mencari hubungan besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan metode distribusi probabilitas (Triatmodjo, 2008).

Sebelum didapatkan curah hujan rencana, terlebih dahulu dilakukan pengukuran dispersi dan pengujian distribusi frekuensi terhadap data curah hujan guna mengetahui metode distribusi yang cocok digunakan.

1. Pengukuran Dispersi

Parameter statistik yang digunakan dalam pengukuran dispersi meliputi nilai rata-rata (\bar{X}), simpangan baku (S), koefisien variasi (C_v), koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k).

- a. Simpangan Baku (*Standart Deviation*)

Simpangan baku adalah besar perbedaan dari nilai sampel terhadap nilai rata-rata yang dihitung menggunakan rumus berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

S = Simpangan baku

X_i = Nilai varian ke- i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

b. Koefisien Variasi (*Coefficient of Variation*)

Koefisien variasi merupakan perbandingan antara simpangan baku dengan nilai rata-rata varian yang dihitung menggunakan rumus berikut (Soewarno, 1995):

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

Cv = Koefisien variasi

S = Simpangan baku

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

c. Koefisien Kemencengan (*Coefficient Skewness*)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi yang dihitung dengan rumus berikut (Soewarno, 1995):

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

Cs = Koefisien kemencengan

S = Simpangan baku

X_i = Nilai varian ke- i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

d. Koefisien Kurtosis (*Coefficient Kurtosis*)

Koefisien kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis dihitung menggunakan rumus berikut (Soewarno, 1995):

$$Ck = \frac{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

- Ck = Koefisien kurtosis
- S = Simpangan baku
- X_i = Nilai varian ke- i
- \bar{X} = Nilai rata-rata varian
- n = Jumlah data

Berdasarkan parameter statistik dasar, dipilih harga yang paling mungkin terjadi dengan melihat kriteria dari besarnya nilai parameter pada tiap jenis distribusi yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Batasan Nilai Parameter Statistik untuk Tiap Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$Cs \approx 0$
	$Ck \approx 3$
Log Normal	$Cs \approx Cv^3 + 3Cv$
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
Gumbel	$Cs \approx 1,14$
	$Ck \approx 5,4002$
Log Pearson III	$Cs \neq 0$

Sumber: Soemarto (1987)

2. Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis distribusi sangat erat hubungannya dengan frekuensi hujan dan periode ulang. Frekuensi hujan adalah besaran kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui, sedangkan periode ulang (T)

adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui (Harahap dkk., 2020). Terdapat empat jenis metode distribusi yang umum digunakan dalam analisis distribusi frekuensi hidrologi yakni sebagai berikut:

a. Metode Distribusi Normal

Dalam analisis frekuensi curah hujan, distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi hujan tahunan dan debit rata-rata tahunan (Soewarno, 1995). Adapun rumus perhitungan menurut distribusi normal adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + z \times S \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana:

X_T : Curah hujan rencana (mm/hari)

\bar{X} : Curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari)

S : Simpangan baku

z : Faktor frekuensi (terlampir pada Tabel 2.2)

Tabel 2.2 Nilai Faktor Frekuensi terhadap Periode Ulang

Periode Ulang T (Tahun)	Faktor frekuensi (z)	Periode Ulang T (Tahun)	Faktor frekuensi (z)
1,001	-3,05	3,330	0,52
1,005	-2,58	4,000	0,67
1,010	-2,33	5,000	0,84
1,050	-1,64	10,000	1,28
1,110	-1,28	20,000	1,64
1,250	-0,84	50,000	2,05
1,330	-0,67	100,000	2,33
1,430	-0,52	200,000	2,58
1,670	-0,25	500,000	2,88
2,000	0	1000,000	3,09
2,500	0,25		

Sumber: Suripin (2004)

b. Metode Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik

variat X (Soewarno, 1995). Adapun rumus perhitungan curah hujan rencana menurut distribusi metode log normal adalah sebagai berikut:

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{Log}X} + z \times S\text{Log}X \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$S\text{Log}X = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana:

$\text{Log}X_T$: Nilai logaritmik hujan rencana dengan periode ulang T

$\overline{\text{Log}X}$: Nilai rata-rata dari $\text{Log}X$

$S\text{Log}X$: Simpangan baku dari $\text{Log}X$

z : Faktor frekuensi (dapat dilihat pada Tabel 2.2)

c. Metode Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, seperti untuk analisis frekuensi banjir (Soewarno, 1995). Analisis frekuensi dengan metode ini sering dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + S \times K \dots\dots\dots(2.9)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana:

X_T : Hujan rencana atau debit dengan periode ulang T

\bar{X} : Nilai rata-rata dari data hujan

S : Simpangan baku

K : Faktor frekuensi Gumbel

Y_t : *Reduced variate* (terlampir pada Tabel 2.3)

Y_n : *Reduced mean* (terlampir pada Tabel 2.4)

S_n : *Reduced standard deviation* (terlampir pada Tabel 2.4)

Tabel 2.3 Hubungan Periode Ulang (T) dengan *Reduced Variate* (Y_t)

Periode Ulang T (Tahun)	Y_t
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1255
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: Soewarno (1995)

Tabel 2.4 Nilai *Reduced Standard Deviation* (S_n) dan Nilai *Reduced Mean* (Y_n)

n	S_n	Y_n	n	S_n	Y_n
10	0,9497	0,4952	60	1,1750	0,5521
15	1,0210	0,5128	70	1,1850	0,5548
20	1,0630	0,5236	80	1,1940	0,5567
25	1,0910	0,5390	90	1,2010	0,5586
30	1,1120	0,5362	100	1,2060	0,5600
35	1,1280	0,5403	200	1,2360	0,5672
40	1,1410	0,5436	500	1,2590	0,5724
45	1,1520	0,5463	1000	1,2690	0,5745
50	1,1610	0,5485			

Sumber: Soewarno (1995)

d. Metode Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson III banyak digunakan dalam analisis hidrologi terutama analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrem (Soewarno, 1995). Perhitungan metode ini dilakukan dengan rumus-rumus berikut.

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{Log}X} + K_T \times S\text{Log}X \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$S\text{Log}X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)(S\text{Log}X)^3} \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana:

$\text{Log}X_T$: Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T

$\overline{\text{Log}X}$: Nilai rata-rata dari $\text{Log}X$

$S\text{Log}X$: Simpangan baku dari $\text{Log}X$

C_s : Koefisien kemencengan dari $\text{Log}X$

K_T : Variabel standar, nilainya bergantung pada nilai C_s dari

Persamaan 2.14 (terlampir pada Tabel 2.5)

Tabel 2.5 Nilai K_T untuk Distribusi Probabilitas Log Pearson III

Koef. C_s	Interval kejadian, tahun (periode ulang)							
	1.0101	1.2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.18	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.21	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	2.192	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	2.970	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	1.88	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	1.20	1.528	1.720	1.88
-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	1.27	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	0.99
-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	0.66	0.666	0.666	0.667

Sumber: Suripin (2004)

3. Uji Distribusi Frekuensi

Uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak untuk serangkaian data yang tersedia. Terdapat dua jenis uji kecocokan (*Goodness of fit test*) yaitu uji kecocokan Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogrov. Umumnya pengujian dilaksanakan dengan cara mengambarkan data pada kertas peluang dan menentukan apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data pengamatan terhadap kurva frekuensi teoritisnya (Soewarno, 1995).

a. Uji Chi-Kuadrat

Dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel yang dianalisis. Distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis, atau dirumuskan sebagai berikut:

$$X^2 < X^2_{cr} \dots\dots\dots(2.15)$$

Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 (Soewarno, 1995):

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

dimana:

X^2 : Parameter chi-kuadrat terhitung

G : Jumlah sub-kelompok

O_i : Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i : Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Dalam pengujian ini juga perlu menghitung derajat kebebasan (DK) dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$DK = K - (p + 1) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana:

DK = derajat kebebasan.

P = banyaknya parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2.

K = jumlah kelas distribusi.

n = banyaknya data.

Nilai parameter Chi-Kuadrat (X^2_{cr}) pada Persamaan 2.14 diperoleh dari Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai Parameter Chi-Kuadrat, X^2_{cr}

dk	(α) Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,00016	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,02	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,2	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,86	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,52	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,2	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,88	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,57	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,26	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,95	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber: Soewarno, 1995

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian ini biasanya digunakan untuk menguji simpangan/selisih antara peluang pengamatan (empiris) dengan peluang teoritis (Soewarno, 1995).

Pada pengujian ini diperlukan untuk menghitung selisih (ΔP_i) dan menentukan nilai ΔP kritis .

Nilai (ΔP_i) merupakan antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \dots\dots\dots(2.19)$$

Sedangkan nilai ΔP kritis diperoleh dari Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Nilai ΔP kritis untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan (α)			
	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	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber: Soewarno, 1995

2.2.6 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah semakin singkat hujan berlangsung, intensitasnya cenderung semakin tinggi, dan semakin besar periode ulangnya, semakin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004). Metode Mononobe merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam perhitungan intensitas hujan, namun metode

ini hanya dapat digunakan apabila data yang tersedia hanya data hujan harian. Rumus perhitungan intensitas hujan dengan metode Mononobe dapat dilihat dalam persamaan berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.20)$$

dimana:

- I : Intensitas curah hujan menurut waktu konsentrasi dan masa periode ulangnya (mm/jam)
 R_{24} : Curah hujan maksimum harian (24 jam), sesuai dengan periode ulang yang direncanakan (mm)
 t_c : Waktu konsentrasi (jam)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan aliran air dari titik paling jauh pada aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu aliran. Pada prinsipnya, waktu konsentrasi dibagi menjadi (Suripin, 2004):

1. *Inlet time* (t_o), yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase;
2. *Conduit time* (t_d), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai ke titik kontrol di bagian hilir.

Waktu konsentrasi (t_c) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.21)$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times l \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$t_d = \frac{L}{V_i \times 60} \dots\dots\dots(2.23)$$

dimana:

- t_c : Waktu konsentrasi (jam)
 t_o : *Inlet time* (menit)
 t_d : *Conduit time* (menit)
 l : Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
 L : Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)
 nd : Koefisien hambatan (terlampir pada Tabel 2.8)

S : Kemiringan dasar saluran (m)

V_i : Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik), mengacu pada Tabel 2.9

Tabel 2.8 Koefisien Hambatan (nd) berdasarkan Kondisi Permukaan

No.	Kondisi Permukaan	nd
1.	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2.	Permukaan licin dan kedap air	0,02
3.	Permukaan licin dan kokoh	0,1
4.	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
5.	Padang rumput dan rerumputan	0,4
6.	Hutan gundul	0,6
7.	Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,8

Sumber: KemenPUPR, 2005

Tabel 2.9 Periode Ulang berdasarkan Jenis Saluran

No.	Jenis Material	V_i (m/det)
1.	Pasir halus	0,45
2.	Lempung kepasiran	0,5
3.	Lanau aluvial	0,6
4.	Kerikil halus	0,75
5.	Lempung padat	1,10
6.	Kerikil kasar	1,2
7.	Pasangan batu, beton, beton bertulang	1,5

Sumber: KemenPUPR, 2015

Waktu konsentrasi (t_c) juga dapat dihitung menggunakan rumus Kirpich dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \dots\dots\dots(2.24)$$

dimana:

t_c : Waktu konsentrasi (jam)

L : Panjang saluran (km)

S : Kemiringan saluran (m)

Periode ulang yang digunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Penggunaan periode ulang untuk perencanaan sistem drainase dapat dilihat pada Tabel 2.10 berikut.

Tabel 2.10 Periode Ulang berdasarkan Jenis Saluran

No.	Jenis Saluran	Periode Ulang
1.	Saluran Kwarter	1 Tahun
2.	Saluran Tersier	2 Tahun
3.	Saluran Sekunder	5 Tahun
4.	Saluran Primer	10 Tahun

Sumber: Wesli, 2008

2.2.7 Debit Banjir Rencana

Debit banjir dapat ditentukan berdasarkan hujan dengan meninjau hubungan antara hujan dan aliran sungai. Besarnya debit banjir ditentukan oleh banyak faktor seperti intensitas hujan, distribusi hujan, lama waktu hujan, kondisi tata guna lahan dan luas daerah aliran sungai.

Metode Rasional merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana dengan daerah aliran <80 Ha. Metode ini dibuat dengan mempertimbangkan bahwa banjir berasal dari hujan yang mempunyai intensitas curah hujan seragam dan berlangsung dalam waktu panjang pada daerah aliran sungai (Edisono dkk., 1997). Adapun rumus Metode Rasional adalah:

$$Q_r = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.25)$$

dimana:

Q_r : Debit banjir rencana (m³/detik)

C : Koefisien pengaliran

I : Intensitas hujan maksimum (mm/jam)

A : Luas daerah pengaliran (km²)

Koefisien aliran permukaan merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan yang terjadi. Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah (Edisono dkk., 1997). Rumus perhitungan koefisien aliran adalah:

$$C = \frac{(A_1 \times C_1) + (A_2 \times C_2) + \dots + (A_n \times C_n)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.26)$$

dimana:

C : Koefisien pengaliran gabungan

C_1, C_2, C_n : Koefisien pengaliran pada tata guna lahan yang berbeda (terlampir pada Tabel 2.11)

A_1, A_2, A_n : Luas daerah pengaliran

Tabel 2.11 Koefisien Aliran Permukaan (C)

No.	Jenis Daerah	Nilai Koefisien Aliran Permukaan (C)
1.	Daerah Perdagangan	
	1. Perkotaan (<i>downtown</i>)	0,70 – 0,90
	2. Pinggiran	0,50 – 0,70
2.	Permukiman	
	1. Perumahan satu keluarga	0,30 – 0,50
	2. Perumahan berkelompok, terpisah-pisah	0,40 – 0,60
	3. Perumahan berkelompok, bersambungan	0,60 – 0,75
	4. Suburban	0,25 – 0,40
	5. Daerah apartemen	0,50 – 0,70
3.	Industri	
	1. Daerah industri ringan	0,50 – 0,80
	2. Daerah industri berat	0,60 – 0,90
4.	Taman, rumput, perkuburan	0,10 – 0,25
5.	Daerah belum diperbaiki	0,10 – 0,30
5.	Tempat bermain	0,20 – 0,35
6.	Daerah stasiun kereta api	0,20 – 0,40
7.	Daerah belum diperbaiki	0,10 – 0,30
8.	Jalan	
	1. Beraspal	0,70 – 0,95
	2. Beton	0,80 – 0,95
	3. Batu	0,70 – 0,85

Sumber: Schwab, dkk, 1981

2.2.8 Debit Air Limbah *Municipal*

Air buangan kotapraja (*municipal wastewater*) adalah air buangan yang berasal dari daerah perkotaan, perdagangan, hotel, restoran, tempat-tempat umum, tempat-tempat ibadah dan sebagainya (Notoatmodjo, 2003).

Jumlah debit air limbah *municipal* yang terdapat pada suatu luasan dihitung dengan rumus perhitungan berikut:

$$Q_m = \text{Debit air limbah} \times \text{jumlah dari jenis peruntukan bangunan} \dots\dots\dots(2.27)$$

dimana:

Q_m : Debit air limbah *municipal* (liter/hari)

Besaran debit air limbah *municipal* berdasarkan jenis tipe peruntukan bangunan dapat dilihat pada Tabel 2.12 sebagai berikut.

Tabel 2.12 Besaran Debit Limbah berdasarkan Jenis Peruntukan Bangunan

No.	Peruntukan Bangunan	Debit Limbah	Satuan	Acuan
1.	Pasar Tradisional/ Modern	36	Liter/kios/hari	Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
2.	Toserba (toko serba ada, <i>mall, department store</i>)	4,5	Liter/m ² luas lantai/hari	SNI 03-7065-2005
3.	Rumah Toko/ Rumah Kantor	80	Liter/penghuni dan pegawai/ hari	SNI 03-7065-2005
4.	Hotel Bintang 3 keatas	200	Liter/tempat tidur/hari	SNI 03-7065-2005
5.	Sekolah Dasar	32	Liter/siswa/hari	SNI 03-7065-2005
6.	SLTP	40	Liter/siswa/hari	SNI 03-7065-2005

Sumber: Pengolahan Data

2.2.9 Analisis Hidraulika Saluran

Besarnya debit aliran yang mengalir pada saluran eksisting dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q_s = A \times V \dots\dots\dots(2.28)$$

dimana:

Q_s : Debit (m³/detik)

A : Luas tampang basah saluran (m²)

V : Kecepatan pengaliran (m/detik)

1. Kecepatan Pengaliran (V)

Kecepatan pengaliran aliran seragam yang banyak digunakan adalah rumus empiris, yang biasanya disebut dengan rumus Manning (Triatmodjo, 2008).

Persamaan Manning ditulis sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.30)$$

dimana:

V : Kecepatan pengaliran (m/detik)

- n : Koefisien kekasaran Manning
 R : Jari-jari hidraulik
 S : Kemiringan dasar saluran
 A : Luas penampang basah (m^2)
 P : Keliling basah (m)
 B : Lebar saluran (m)
 H : Kedalaman saluran (m)

Nilai luas penampang basah (A) dan keliling basah (P) dihitung dengan persamaan yang berbeda berdasarkan bentuk dari penampang saluran. Persamaan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Saluran tampang bentuk persegi.

$$A = B \times H \dots\dots\dots(2.31)$$

$$P = B + 2H \dots\dots\dots(2.32)$$

dimana:

A : Luas penampang basah (m^2)

P : Keliling basah (m)

B : Lebar dasar penampang saluran (m)

H : Tinggi muka air (m)

- b. Saluran tampang trapesium

$$A = (B + m.H)H \dots\dots\dots(2.33)$$

$$P = B + 2 \times H \sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots(2.34)$$

dimana:

A : Luas penampang basah (m^2)

P : Keliling basah (m)

B : Lebar dasar penampang saluran (m)

H : Tinggi muka air (m)

m : Kemiringan dinding saluran (m)

2. Kemiringan Saluran (S)

Kemiringan saluran yang dimaksud disini adalah kemiringan dasar saluran.

Kemiringan dasar saluran maksimum yang diperbolehkan adalah 0,005-0,008

(Edisono dkk., 1997). Kemiringan saluran dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$S = \frac{t_1 - t_2}{L} \times 100\% \dots\dots\dots(2.35)$$

dimana:

S : Kemiringan tanah/dasar saluran

t_1 : Elevasi di titik awal/bagian tinggi (m)

t_2 : Elevasi di bagian akhir/bagian rendah (m)

L : panjang saluran dari titik awal ke akhir (m)

3. Jagaan (*Freeboard*)

Jagaan atau *freeboard* dari suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai permukaan air pada kondisi perencanaan. Jagaan direncanakan antara kurang dari 5% sampai 30% lebih. Hal ini untuk mencegah luapan air akibat gelombang serta fluktuasi permukaan air, misalnya berupa gerakan-gerakan angin serta pasang surut (Edisono dkk., 1997).

4. Koefisien Kekasaran *Manning* (n)

Dari macam-macam jenis saluran baik berupa saluran tanah maupun dengan pasangan, masing-masing memiliki kekasaran yang berbeda. Hal ini bergantung pada perbedaan bahan atau material dari saluran tersebut. Nilai koefisien manning untuk berbagai macam saluran disajikan pada Tabel 2.13 berikut.

Tabel 2.13 Nilai Koefisien *Manning* (n)

Jenis/Macam Saluran	Koefisien <i>Manning</i> (n)
Pasangan batu kali	0,02
Pasangan batu kali diplester, beton tidak diplester	0,017
Beton licin	0,011
Batu kering/rip-rap	0,03

Sumber: SK-SNI T-07-1990-F