

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Drainase

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawahtanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam Bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong –gorong dibawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demipencegahan banjir.

Drainase yang berasal dari Bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, ataumengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknik untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalamkaitannya dengan sanitasi. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah. (Suripin,2004:7)

Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi: pemukiman, kawasan industri dan perdagangan, sekolah, rumah sakit, lapangan, serta tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota. Dengan demikian perencanaan drainase perkotaan berkaitan dengan kondisi lingkungan sosial budaya, serta curah hujan yang terjadi pada suatu wilayah. (ISBN 979-8382-49-8)

2.2 Fungsi Drainase

Secara umum fungsi drainase adalah sebagai berikut:

- a. Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air penerima.
- b. Drainase perkotaan adalah drainase di wilayah kota yang berfungsi mengelola/mengendalikan air permukaan, sehingga tidak mengganggu dan tidak merugikan masyarakat.

(Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 12, 2014:5)

2.3 Jenis Drainase

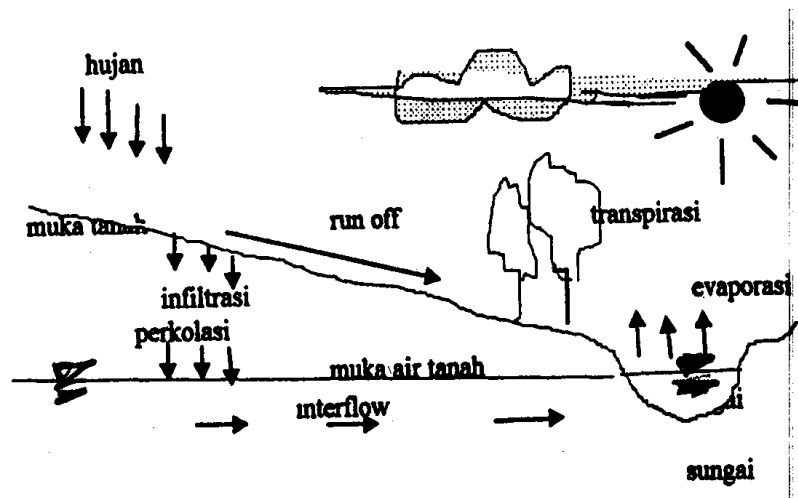
Drainase memiliki beberapa jenis berikut merupakan jenis – jenis dari drainase :

2.3.1 Menurut Sejarah Terbentuknya

Adapun jenis-jenis drainase menurut sejarah terbentuknya terbagi menjadi 2 yaitu :

a. Drainase Alamiah (*Natural Drainase*)

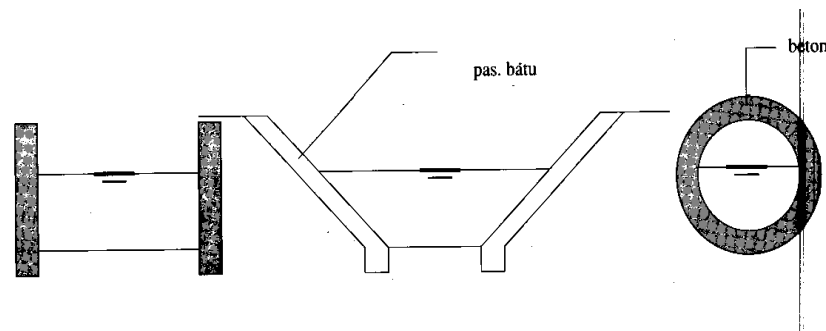
Drainase yang terbentuk secara alami dan terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti pasangan batu/beton, gorong-gorong. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai. (Sutarto Edison,1997:4). Adapun contoh dari drainase alamiah (*Natural Drainase*) tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Drainase alamiah pada saluran air

b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya. (Sutarto Edison,1997:4)



Gambar 2.2 Drainase buatan

2.3.2 Menurut Letak Bangunan

Adapun jenis drainase menurut letak bangunannya terbagi menjadi 2 yaitu:

a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *open chanal flow*.

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

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan ini antara lain yaitu tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran dipermukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

(Sutarto Edison,1997:5)

2.3.3 Menurut Fungsi

Adapun jenis drainase menurut fungsinya terbagi menjadi 2 yaitu :

a. *Single Purpose*

Saluran 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*

Saluran drainase yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

(Sutarto Edison,1997:5)

2.3.4 Menurut Konstruksi

Adapun jenis drainase menurut konstruksinya terbagi menjadi 2 yaitu :

a. Saluran Terbuka

Saluran drainase yang lebih cocok untuk 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

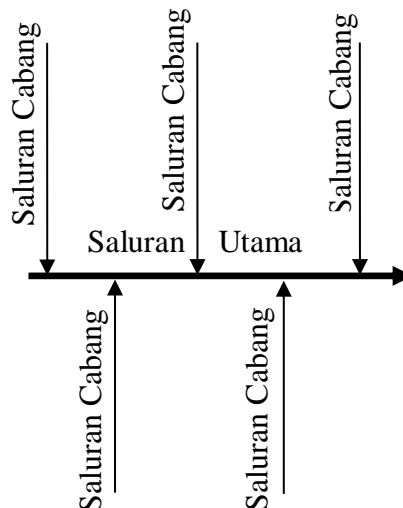
Saluran drainase yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan lingkungan) atau untuk saluran yang terletak ditengah kota. (Sutarto Edison,1997:5)

2.4 Pola Jaringan Drainase

Jaringan drainase memiliki beberapa pola yaitu sebagai berikut :

2.4.1 Siku

Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada akhir berada di tengah kota.(Sutarto Edison,1997:6). Dapat dilihat pada Gambar 2.3 merupakan contoh dari pola jaringan drainase siku.

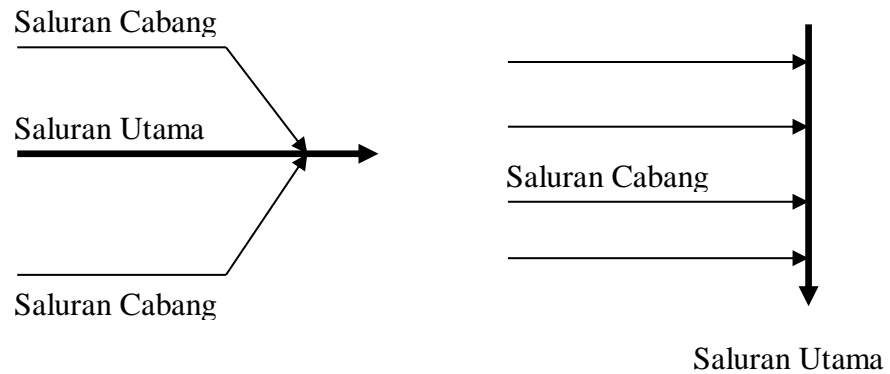


Gambar 2.3 Pola jaringan drainase siku

2.4.2 Paralel

Saluran utama yang terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila

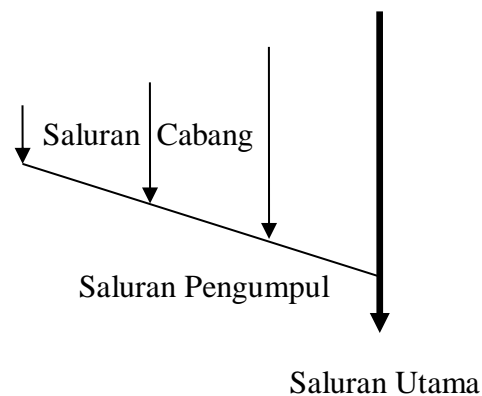
terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri. (Sutarto Edison,1997:6). Pada Gambar 2.4 menunjukkan contoh pola jaringan paralel.



Gambar 2.4 Pola jaringan drainase paralel

2.4.3 *Grid Iron*

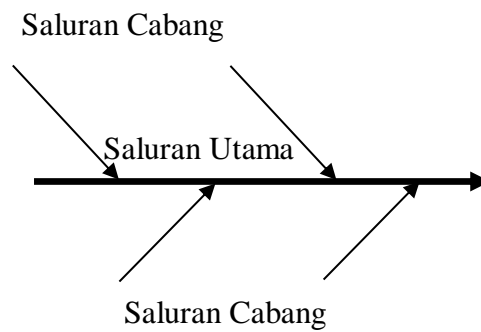
Untuk daerah dimana sungainya terletak dipinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul. (Sutarto Edison,1997:7). Dapat dilihat pada Gambar 2.5 merupakan contoh pola jaringan drainase *grid iron*.



Gambar 2.5 Pola jaringan drainase grid iron

2.4.4 *Alamiah*

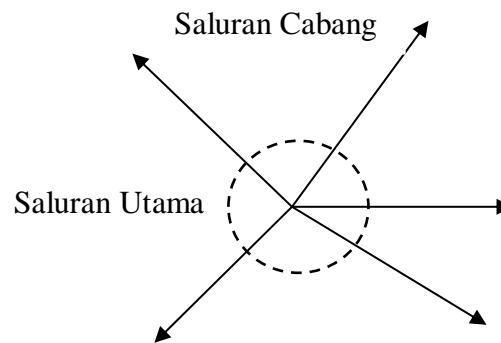
Sama seperti pola siku, hanya beban sungau pada pola alamiah lebih besar.(Sutarto Edison,1997:7). Pada Gambar 2.6 menunjukkan contoh pola jaringan drainase alamiah.



Gambar 2.6 Pola jaringan drainase alamiah

2.4.5 Radial

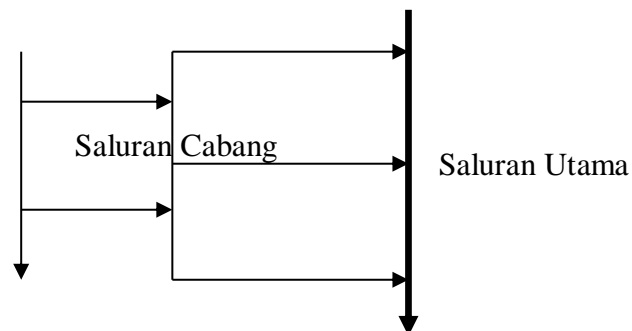
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah. (Sutarto Edisono, 1997:7). Dapat dilihat pada Gambar 2.7 merupakan contoh pola jaringan radial.



Gambar 2.7 Pola jaringan radial

2.4.6 Jaring – Jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar. (Sutarto Edisono, 1997:8). Pada Gambar 2.8 menunjukkan contoh pola jaringan drainase jaring-jaring.



Gambar 2.8 Pola jaringan drainase jaring-jaring

2.5 Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase terbagi menjadi 2 macam yaitu :

a. Sistem Campuran

Apabila saluran yang direncanakan untuk membawa air kotor dari rumah tangga, industri, rumah sakit dan air hujan dibuat melalui satu saluran.

b. Sistem Terpisah

Apabila saluran yang direncanakan, yaitu air kotor rumah tangga, industri, rumah sakit dan air hujan dibuat melalui saluran-saluran tersendiri.

(Parahadi et al, 1996:2)

2.6 Hidrologi

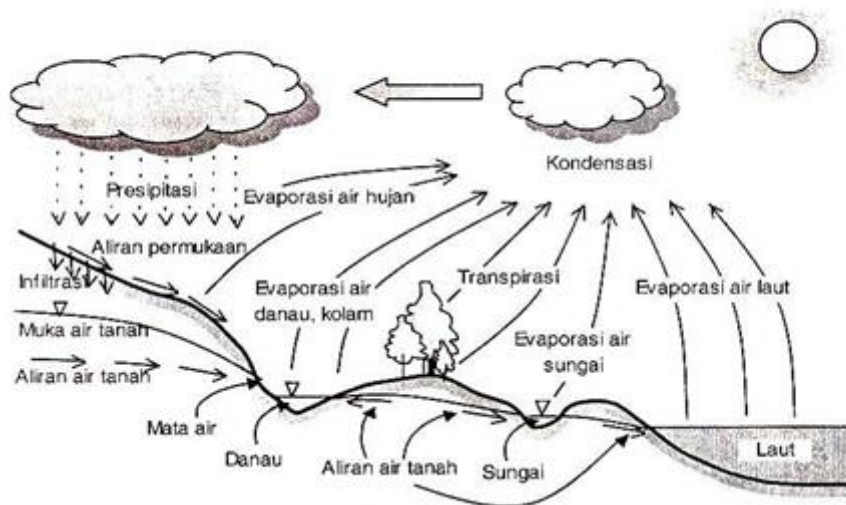
Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahannya antara lain yaitu keadaan zat cair, padat dan gas dalam atmosfer diatas dan dibawah permukaan tanah, didalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi.

Menurut *Federal Council For Science and Technologi USA* (Chow, 1964), yaitu hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari seluk beluk air, kejadian dan distribusinya, serta reaksinya terhadap kebutuhan manusia.

2.6.1 Siklus Hidrologi

Dalam suatu perencanaan bangunan air yang berfungsi untuk pengendalian penggunaan air antara lain yang mengatur aliran sungai, pembuatan waduk-waduk dan saluran-saluran yang sangat diperlukan untuk mengetahui perilaku siklus yang disebut dengan siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi / penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju atau hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Pada muka tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air run off atau aliran permukaan dan sebagai (infiltrasi) meresap kedalam lapisan tanah. Besarnya *run off* dan infiltrasi tergantung pada parameter tanah atau jenis tanah dengan pengujian tanah di laboratorium. Air run off

mengalir di permukaan muka tanah kemudian kepermukaan air laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap kedalam lapisan tanah, akan menambah tinggi muka air tanah didalam lapisan tanah, kemudian juga merembes didalam tanah kearah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai dilaut, danau dan sungai. Kemudian terjadi lagi proses penguapan. (Hasmar,2002:9). Dapat dilihat pada Gambar 2.9 merupakan contoh gambar siklus hidrologi.



Gambar 2.9 Siklus Hidrologi

2.7 Analisa Hidrologi

Secara umum analisa hidrologi merupakan suatu bagian analisa awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung didalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisa selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir dan sebagainya.

Ukuran dan karakter bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisa hidrologi. Sebelum informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan besaran hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisa untuk menetapkan berbagai sifat dan hidrauliknya. Demikian juga pada dasarnya bangunan-bangunan tersebut harus

dirancang berdasarkan suatu standar perancangan yang besar sehingga diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan.

2.7.1 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Hujan rencana (X_T) adalah hujan dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan terjadi di suatu daerah pengaliran. Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, hujan rencana misalnya, akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Hal ini tidak berarti bahwa hujan rencana akan berulang secara teratur setiap periode ulang tersebut. (I Made Kamarnia, 2011:13)

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang dikeringkan. (Sutarto Edison, 1997:19)

Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Saluran kwarter : periode ulang 1 tahun
2. Saluran tersier : periode ulang 2 tahun
3. Saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
4. Saluran primer : periode ulang 10 tahun

Penentuan periode ulang juga didasarkan pada pertimbangan ekonomis. Berdasarkan prinsip dalam penyelesaian masalah drainase perkotaan dan aspek hidrologi, sebelum dilakukan analisa frekuensi untuk mendapatkan besaran hujan dengan kala ulang tertentu harus dipersiapkan rangkaian data hujan berdasarkan pada durasi harian, jam ataupun menit. (Sutarto Edison, 1997:20)

Analisa frekuensi atau distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi dan koefisien *skewness* (kecondongan atau kemiringan). Berdasarkan ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi antara lain distribusi gumbel, distribusi log person III dan lain – lain. (Sutarto Edison, 1997:20)

Berikut ini jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi :

1. Distribusi Gumbel

Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda.

$$P(X) = e^{-e^{-a(x-b)}} \dots\dots\dots 2.1$$

Jika diambil $Y = a (X - b)$, dengan Y disebut reduced varied, maka persamaan (2.1) dapat ditulis sebagai berikut:

$$P (X) = e^{-e^{-Y}} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana e = bilangan alam = 2,7182818

Dengan mengambil dua kali harga logaritma dengan bilangan dasar terhadap persamaan (2.1) diperoleh persamaan berikut ini :

$$X = \frac{1}{2} [ab - \ln\{-\ln P(X)\}] \dots\dots\dots 2.3$$

Kala ulang (return period) merupakan nilai banyaknya tahun rata-rata dimana suatu besaran disamai atau dilampaui oleh suatu harga, sebanyak satu kali. Hubungan antara periode ulang dan probabilitas dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$Tr (X) = \frac{1}{1-P(X)} \dots\dots\dots 2.4$$

Substitusikan persamaan (2.4) kedalam persamaan (2.1) akan diperoleh persamaan berikut ini :

$$x_{Tr} = b - \frac{1}{a} \ln \left\{ - \ln \frac{Tr(x)-1}{Tr(x)} \right\} \dots\dots\dots 2.5$$

Dengan $Y = a (X - b)$, maka diperoleh persamaan berikut ini:

$$Y_{Tr} = - \ln \left\{ - \ln \frac{Tr(x)-1}{Tr(x)} \right\} \dots\dots\dots 2.6$$

Dalam penggambaran pada kertas probabilitas, Chow (1964) menyarankan penggunaan rumus berikut ini :

$$X = \mu + \sigma K \dots\dots\dots 2.7$$

dimana :

μ = harga rata – rata populasi

σ = standar deviasi (simpangan baku)

K = faktor probabilitas

(Suripin, 2004:50)

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), maka persamaan (2.7) dapat didekati dengan persamaan berikut:

$$X = \bar{X} + sK \dots\dots\dots 2.8$$

dimana :

\bar{X} = harga rata –rata sampel

S = standar deviasi (simpangan baku) sampel

Faktor probabilitas K untuk harga ekstrim gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots 2.9$$

dimana :

Y_n = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n

S_n = *reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n

Y_{Tr} = *reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ \frac{Tr-1}{Tr} \right\} \dots\dots\dots 2.10$$

(Suripin, 2004:51)

Maka dari itu faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

1. Besarnya curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$X_{rata-rata} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots 2.11$$

2. Hitung standar deviasi dengan rumus :

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - Xrata - rata)} \dots\dots\dots 2.12$$

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

$$XT = X rata -rata + \frac{YT-Yn}{\sigma n} Sd \dots\dots\dots 2.13$$

dimana :

X_t = besarnya curah hujan untuk t tahun (mm)

Y_t = besarnya curah hujan rata-rata untuk t tahun (mm)

Y_n = *reduced mean deviation* berdasarkan sampel n

σ_n = *reduced standar deviation* berdasarkan sampel n

n = jumlah tahun yang ditinjau

Sd = Standar deviasi (mm)

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

X_i = curah hujan maksimum (mm)

Harga Y_n berdasarkan banyaknya sampel n dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 *Reduced Mean (Yn)*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,499	0,503	0,507	0,51	0,512	0,512	0,518	0,520	0,522
20	0,523	0,525	0,526	0,528	0,529	0,530	0,532	0,533	0,534	0,535
30	0,536	0,537	0,538	0,538	0,538	0,540	0,541	0,541	0,542	0,543
40	0,543	0,542	0,544	0,544	0,545	0,546	0,546	0,547	0,547	0,548
50	0,548	0,548	0,549	0,549	0,549	0,550	0,550	0,551	0,551	0,551
60	0,552	0,552	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554
70	0,554	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556
80	0,556	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558
90	0,558	0,558	0,558	0,558	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
100	0,56	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,561	0,561

(Sumber: Suripin. 2004:51)

Harga reduced standard deviasi (σ_n) dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 *Reduced Standard Deviation (Sn)*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,949	0,967	0,967	0,983	0,997	1,020	1,031	1,041	1,049	1,056
20	1,062	1,069	1,069	1,075	1,081	1,091	1,096	1,100	1,104	1,108
30	1,112	1,115	1,115	1,119	1,122	1,128	1,131	1,133	1,136	1,138
40	1,141	1,143	1,143	1,145	1,148	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159
50	1,160	1,162	1,162	1,163	1,165	1,168	1,169	1,170	1,172	1,173
60	1,174	1,175	1,175	1,177	1,178	1,180	1,181	1,182	1,183	1,184
70	1,185	1,186	1,186	1,187	1,188	1,189	1,190	1,191	1,192	1,193
80	1,193	1,194	1,194	1,195	1,195	1,197	1,198	1,198	1,169	1,200
90	1,200	1,201	1,201	1,202	1,202	1,203	1,204	1,204	1,205	1,206
100	1,206	1,206	1,206	1,207	1,207	1,208	1,208	1,209	1,209	1,209

(Sumber: Suripin. 2004:52)

Hubungan periode ulang untuk t tahun dengan curah hujan rata-rata dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 *Reduced Variate (Yt) Sebagai Fungsi Periode Ulang t tahun*

Periode Ulang (tahun)	<i>Reduced Variate (Yt)</i>	Periode Ulang (tahun)	<i>Reduced Variate (Yt)</i>
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2504	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
100	4,6001	10000	9,2121

(Sumber: Suripin.2004:52)

2. Distribusi Log Person III

Distribusi *Log Pearson* Tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi *Log Pearson* Tipe III merupakan hasil dari transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan mengganti varian menjadi nilai logaritma. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun diubah dalam bentuk logaritma. (Soemarto, 1999) Langkah – langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan *Log Pearson* Tipe III sebagai berikut :

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X = \log X$
2. Hitung rata –rata logaritma dengan rumus :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n} \dots\dots\dots 2.14$$

3. Hitung simpangan baku dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log Xi - \log X)^2} \dots\dots\dots 2.15$$

4. Hitung koefisien kemencengan dengan rumus :

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log Xi - \log X)^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots 2.16$$

5. Hitung logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu dengan rumus :

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K \cdot S \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan :

$\text{Log } \bar{X}$ = rata –rata logaritma data

n = banyaknya tahun pengamatan

S = standar deviasi

G = koefisien kemencengan

K = variabel standar (*standardized variabel*) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemiringan G . (Suripin. 2004:42)

Dalam penggunaan metode distribusi Log-Person III dibutuhkan nilai G dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.4 Nilai G Untuk Distribusi Log-Person III

Koef. G	Interval Kejadian (<i>Recurrence Interval</i>), tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent change of being exceeded</i>)							
	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	-0,669	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,075	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	3,281
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	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
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	1,715	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	1,116	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,069	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,980	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,900	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,830	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,768	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,720	0,714	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber: Suripin,2004:43)

2.7.2 Curah Hujan Wilayah

Data hujan yang diperoleh oleh alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (space), maka untuk kawasan yang luas satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut.

Curah hujan yang diperlukan untuk mengetahui profil muka air sungai dan rancangan suatu drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam milimeter (mm). Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada didalam atau disekitar kawasan tersebut.

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung curah hujan rata-rata maksimum daerah yaitu menggunakan cara rata-rata aljabar, *polygon thiessen* dan *ishoyet*. (Suripin, 2004:26)

A. Rata – Rata Aljabar

Cara ini menggunakan perhitungan rata-rata secara aljabar, tinggi curah hujan diambil dari harga rata-rata dari stasiun pengamatan di dalam daerah yang ditinjau. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata / hampir merata dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya.

Persamaan rata-rata aljabar dapat dilihat sebagai berikut :

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots 2.18$$

dimana :

R = Curah hujan daerah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

R1, R2, Rn = Curah hujan tiap titik pengamatan

(Suripin, 2004:27)

B. Metode *Polygon Thiessen*

Metode ini juga dikenal sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau Koefisien *Thiessen*. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya Koefisien *Thiessen* tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka Koefisien *Thiessen* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + A_3.R_3 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots 2.19$$

dimana :

R_1, R_2, R_n = Tinggi curah hujandi tiap pos pengamatan

A_1, A_2, A_n =Luas daerah tiap pos pengamatan

C. Metode *Ishoyet*

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan.

Metode ishoyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

1. Plot data kedalaman air hujan untuk tahap pos penakar hujan pada peta
2. Gambar kontur kedalaman ai hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. *Intervalishoyet* yang umum dipakai adalah 10 mm sampai 20 mm
3. Hitung luas area antara dua garis *ishoyet* dengan menggunakan planimete. Kalikan masing-masing luas areal dengan menggunakan rata-rata hujan antara dua *ishoyet* yang berdekatan.

Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + A_3 \cdot R_3 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots 2.20$$

dimana :

- \bar{R} = Curah hujan daerah
- A_1, A_2, A_n = Luas bagian-bagian antar garis
- R_1, R_2, R_n = Curah hujan rata-rata tiap titik A_1, A_2, A_n

(H.A Halim Hasmar, 2011:13)

Untuk menghitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_n \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots\dots\dots 2.21$$

Atau

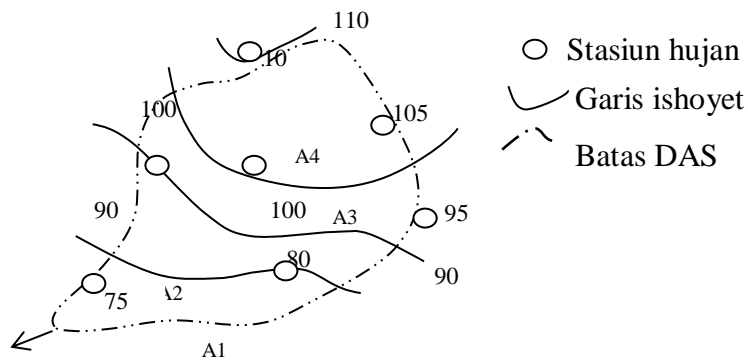
$$P = \frac{\sum \left[A \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \dots\dots\dots 2.22$$

dimana :

- P = Tinggi curah hujan daerah
- $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ = Tinggi curah hujan pada pos penakar hujan
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas areal poligon pada pos penakar
- n = Banyaknya pos penakar hujan

(Suripin, 2004:29)

Adapun gambar dari isohyet dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut ini :



Gambar 2.10 *Ishoyet*

2.7.3 Cara Memilih Metoda

Pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor, terlepas dari kelebihan dan kelemahan kedua metode tersebut. Faktor – faktor tersebut yaitu sebagai berikut :

- a. Jaring-jaring pos penakar hujan dalam DAS
- b. Luas DAS
- c. Topografi DAS

Untuk menentukan metoda mana yang akan digunakan maka dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Cara Memilih Metoda Curah Hujan

Faktor - Faktor	Syarat - Syarat	Jenis Metoda
Jaring – jaring pos penakar hujan dalam DAS	Jumlah pos penakar hujan cukup	Metoda <i>ishoyet</i> , <i>thiessen</i> atau rata-rata aljabar dapat dipakai
	Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metoda rata-rata aljabar atau <i>thiessen</i>
	Jumlah pos penakar tunggal	Metoda hujan titik
Luas DAS	DAS Besar (>5000 km ²)	Metoda <i>Ishoyet</i>
	DAS Sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metoda <i>Thiessen</i>
	DAS Kecil (<500 km ²)	Metoda Rata – Rata Aljabar
Topografi DAS	Pegunungan	Metoda Rata – Rata Aljabar
	Dataran	Metoda <i>Thiessen</i>
	Berbukit dan Tidak Beraturan	Metoda <i>Ishoyet</i>

(Sumber: Suripin, 2004)

2.7.4 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment area*)

Catchment area adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama.

Untuk menentukan daerah tangkapan hujan tergantung kepada kondisi lapangan suatu daerah dan situasi topografi nya atau elevasi permukaan tanah suatu wilayah disekitar saluran yang bersangkutan yang merupakan daerah tangkapan hujan dan mengalirkan air hujan kesaluran drainase. Untuk

menentukan daerah tangkapan hujan (*Catchment area*) sekitar drainase dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau.

2.7.5 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Waktu konsentrasi dibagi atas 2 bagian yaitu :

- Inlet time* (t_o) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir diatas permukaan tanah menuju saluran drainase.
- Conduit time* (t_d) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir disepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

Sehingga waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$tc = t_o + t_d \dots\dots\dots 2.23$$

$$t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \left(\frac{nd}{\sqrt{S}} \right) \right]^{0,167} \dots\dots\dots 2.24$$

$$t_d = \frac{Ls}{60V} \dots\dots\dots 2.25$$

Keterangan :

n = Angka kekasaran *Manning*/ koefisien hambatan

S = Kemiringan saluran

L_o = Panjang saluran/ panjang lintasan diatas permukaan saluran (m)

L = Panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)

V = Kecepatan rata-rata di dalam saluran (m/det)

Waktu konsentrasi juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yang dapat dilihat berikut ini:

$$tc = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \dots\dots\dots 2.26$$

dimana :

t_c = Waktu konsentrasi dalam (jam)

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

S = Kemiringan rata-rata saluran utama (m/m)

(Suripin, 2004:82)

Kemiringan saluran memanjang (S) berdasarkan jenis material dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 Kemiringan Saluran Memanjang (S) Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan Saluran (S) (%)
1	Tanah Asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber:Petunjuk desain saluran permukaan jalan No.008/1990,Bina Marga)

Dalam menghitung waktu konsentrasi dibutuhkannya koefisien *manning* maka dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut ini :

Tabel 2.7 Koefisien *Manning*

Bahan	Nd
Besi tulang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,30
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

(Sumber: Tata cara perencanaan sistem drainase perkotaan, No.12/Prt/M/2014)

2.7.6 Analisa Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan, baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan

jam-jaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis.

Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dengan lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (*IDF = Intensity-Duration-Frequency Curve*). Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots 2.27$$

dimana :

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- t_c = Lamanya hujan/ lama waktu konsentrasi (jam)
- R = Curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

2.7.7 Debiar Air Hujan / Limpasan

Debit air hujan atau limpasa adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus dialirkan melalui saluran drainase. Debit air limpasan terdiri dari tiga komponen yaitu koefisien *run off* (C), data intensitas curah hujan (I) dan *catchment area* (A).

Koefisien yang digunakan untuk menunjukkan berapa banyak bagian dari air hujan yang harus dialirkan melalui saluran drainase karena tidak mengalami penyerapan ke dalam tanah (infiltrasi). Koefisien ini berkisar antara 0-1 yang disesuaikan dengan kepadatan penduduk di daerah tersebut. Semakin padat penduduknya maka koefisien run-off nya akan semakin besar sehingga debit air yang harus dialirkan oleh saluran drainase tersebut akan semakin besar pula.

Rumus yang dipakai untuk menghitung debit aliran tergantung pada besarnya *catchment area*, pada umumnya ditentukan sebagai berikut :

- a. Untuk *catchment area* < 25 km² dipakai rumus *Rational*
- b. Untuk *catchment area* 25 – 100 km² dipakai cara *Weduwen*
- c. Untuk *catchment area* > 100 km² dipakai cara *Melchior*

Perhitungan untuk selokan samping dan gorong – gorong pada umumnya mencakup catchment area kurang dari 25 km², jadi yang digunakan adalah rumus rasional sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot A \dots\dots\dots 2.28$$

dimana :

Q = Debit banjir puncak pada periode ulang T tahun yang terjadi pada muara DAS/debit aliran air limpasan (m³/det)

C = Koefisien run off (berdasarkan standar baku)/ koef.pengaliran

I = Intensitas hujan untuk durasi yang sama dengan waktu konsentrasi Tc dan periode ulang T tahun . Pakailah kurva intensitas hujan untuk mendapatkan intensitas ini (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (ha)

0,278 = Konstanta

(Departemen Pekerjaan Umum, 2005:23)

Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran dan lain-lain. Pada Tabel 2.8 berikut merupakan kala ulang yang dipakai berdasarkan luas daerah pengaliran saluran dan jenis kota yang akan rencanakan sistem drainasenya.

Tabel 2.8 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (ha)			
	<10	10-100	101-500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th	10 – 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 – 5 Th

(Sumber: Tata cara perencanaan sistem drainase perkotaan , No.12/Prt/M/2014)

Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*) adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*surface run-off*) dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer (hujan total yang terjadi). Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari.

Pada Tabel 2.9 dapat dilihat koefisien limpasan yang digunakan untuk metode rasional adalah sebagai berikut :

Tabel 2.9 Koefisien Limpasan Untuk Metode Rasional

Deskripsi lahan/ karakter permukaan	Koefisien Limpasan (C)
1. Business	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
2. 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
3. Industri	
Ringan	0,50 – 0,80
Berat	0,60 – 0,90
4. Perkerasan	
Aspal dan	0,70 – 0,65
Beton batu bata	0,50 – 0,70
Paving	0,75 – 0,95
Atap	
5. Halaman, tanah berpasir	
Berpasir datar 2 %	0,05 – 0,10
Rata-rata 2-7 %	0,10 – 0,15
Curam, 7 %	0,15 – 0,20
6. Halaman, tanah berat	
Berat datar 2 %	0,13 – 0,17
Rata –rata 2 – 7 %	0,18 – 0,22
Curam 7%	0,25 – 0,35

Lanjutan Tabel 2.9 Koefisien Limpasan Untuk Metode Rasional

Deskripsi lahan/ karakter permukaan	Koefisien Limpasan (C)
7. Halaman kereta api	0,10 – 0,35
8. Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
9. Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
10. Hutan	
Datar, 0-5%	0,10 – 0,40
Bergelombang 5 – 10%	0,25 – 0,50
Berbukit 10 30%	0,30 – 0,60

(Sumber: Suripin, 2004)

Pada Tabel 2.10 dapat dilihat koefisien aliran untuk metode rasional sebagai berikut :

Tabel 2.10 Koefisien Aliran Untuk Metode Rasional

Koefisien Aliran $C = C_t + C_s + C_v$					
Topografi (C_t)		Tanah (C_s)		Vegetasi (C_v)	
Datar (< 1%)	0,03	Pasir dan gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Pertanian	0,11
Perbukitan (10 – 20 %)	0,16	Lempung dan lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (> 20 %)	0,26	Lempung batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

(Sumber: Suripin, 2004:81)

Jika DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka C yang dipakai adalah koefisien DAS yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots 2.29$$

dimana :

 A_i = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i C_i = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

n = Jumlah jenis penutup lahan

Cara lain penggunaan rumus rasional dengan tata guna lahan tidak homogen sebagai berikut:

$$Q_p = 0,002778 I \sum_{i=1}^n C_i A_i \dots\dots\dots 2.30$$

(Suripin, 2004:81)

2.7.8 Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah hasil aktivitas manusia berupa air buangan rumah tangga, dalam perhitungan air kotor diprediksi berdasarkan kebutuhan air bersih dan diperkirakan besarnya air buangan sebesar 75 % dari kebutuhan air bersih dan sisanya digunakan pada proses industri, penyiraman kebun lain-lain.

Untuk menentukan debit air kotor maka diperlukan faktor puncak. Faktor puncak diperoleh berdasarkan jumlah penduduk yang ada. (Suhardjono:1984)

Untuk menghitung debit air kotor dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Kepadatan penduduk rata-rata

$$= \frac{\text{Jumlah rumah} \times \text{asumsi orang tiap rumah}}{\text{luas perumahan}} \dots\dots\dots 2.31$$

2. $Q_{\text{air kotor rata-rata}}$

$$= \text{Luas daerah pengaliran} \times \text{Kepadatan penduduk rata-rata} \dots\dots\dots 2.32$$

3. $Q_{\text{air kotor total}}$

$$= Q_{\text{air kotor total}} \times \text{Faktor puncak} \dots\dots\dots 2.33$$

Untuk mengetahui pembuangan limbah cair rata-rata orang perhari dapat dilihat pada Tabel 2.11 berikut ini :

Tabel 2.11 Pembuangan Limbah Cair Rata-Rata Orang Per Hari

No	Jenis Bangunan	Volume Limbah Cair (liter/orang/hari)	Beban BOD (gr/orang/hari)
1	Daerah Perumahan		
	a. Rumah besar untuk keluarga tunggal	400	100
	b. Rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal	300	80
	c. Rumah untuk keluarga ganda (rumah susun)	240 - 300	80
	d. Rumah kecil (<i>cottage</i>)	200	80

Lanjutan Tabel 2.11 Pembuangan Limbah Cair Rata-Rata Orang Per Hari

No	Jenis Bangunan	Volume Limbah Cair (liter/orang/hari)	Beban BOD (gr/orang/hari)
2	Perkemahan dan Motel		
	a. Tempat peristirahatan mewah	400 - 600	100
	b. Tempat parkir rumah berjalan (<i>mobile home</i>)	200	80
	c. Kemah wisata dan tempat parkir trailer	140	70
	d. Hotel dan Motel	200	50
3	Sekolah		
	a. Sekolah dengan asrama	300	80
	b. Sekolah siang hari dengan kafetaria	80	30
	c. Sekolah siang hari tanpa kafetaria	60	20
4	Restoran		
	a. Tiap pegawai	120	50
	b. Tiap langganan	25 - 40	20
	c. Tiap makanan yang disajikan	15	12
5	Terminal transportasi		
	a. Tiap pegawai	60	25
	b. Tiap penumpang	20	10
6	Rumah Sakit		
		600 - 1200	30
7	Kantor		
	a. Teater mobil (<i>drive in theater</i>), per tempat duduk	20	10
	b. Bioskop per tempat duduk	10 - 20	10
	c. Pabrik, tidak termasuk limbah cair industri dan kafetaria	60 - 120	25

(Sumber: Soeparman dan suparmin, 2002)

2.7.9 Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk merupakan perhitungan ilmiah jumlah penduduk yang didasarkan pada asumsi dari komponen-komponen laju pertumbuhan penduduk, yaitu kelahiran, kematian dan perpindahan (migrasi). Ketiga komponen inilah yang menentukan besarnya jumlah penduduk dan struktur umur penduduk dimasa yang akan datang. Untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk dapat menggunakan metode-metode dibawah ini :

a. Metode Aritmatika

$$P_n = P_o + nr \dots\dots\dots 2.34$$

$$r = \frac{P_o - P_t}{t} \dots\dots\dots 2.35$$

dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun

P_t (proyeksi) = Jumlah penduduk akhir tahun proyeksi (jiwa)

n = Periode waktu yang ditinjau (tahun)

r = Angka pertumbuhan penduduk/tahun (%)

t = Banyaknya tahun sebelum analisis (tahun)

b. Metode Geometrik

$$P_n = P_o (1 + r)^n \dots\dots\dots 2.36$$

dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun proyeksi (jiwa)

r = Persentase pertumbuhan geometrical penduduk tiap tahun (%)

n = Periode waktu yang ditinjau (tahun)

2.8 Analisa Hidrolika

Banyaknya debit air hujan yang ada dalam suatu kawasan harus segera di alirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkan air tersebut ke tempat penampungan. Sehingga penentu kapasitas tampang harus berdasarkan atau besarnya debit air hujan.

Dalam perencanaan desain saluran harus diusahakan 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.

Potongan saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan dasar tertentu. Berdasarkan persamaan kontinuitas, tampak jelas bahwa untuk luas penampang melintang tetap, debit maksimum dicapai jika kecepatan aliran maksimum dicapai jika kecepatan aliran maksimum.

Debit aliran saluran yang sama dengan debit akibat hujan, harus dialirkan pada saluran bentuk empat persegi panjang, bentuk segi tiga, bentuk trapesium dan bentuk setengah lingkaran untuk drainase muka air tanah (*surface drainage*).

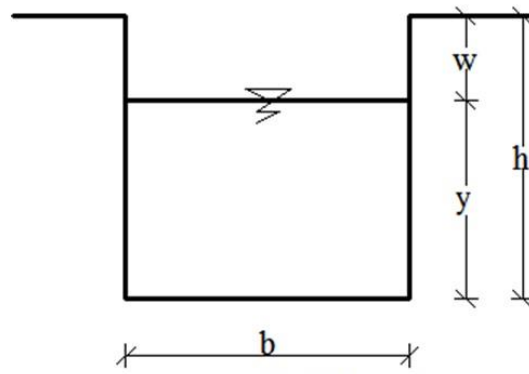
(H.A.Halim Hasmar 2011:22)

2.8.1 Penampang melintang saluran

Penampang melintang saluran perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang efisien berarti dengan memperhatikan ketersediaan lahan yang ada. Hal ini perlu diperhatikan karena pada daerah permukiman padat lahan yang dapat dipergunakan sangat terbatas. Penampang saluran yang ideal sangat dipengaruhi oleh faktor bentuk penampang. Dengan Q banjir rencana yang ada, kapasitas penampang akan tetap walaupun bentuk penampang diubah-ubah, sehingga perlu diperhatikan bentuk penampang saluran stabil. Bentuk penampang saluran berdasarkan kapasitas saluran yaitu :

a. Penampang bentuk persegi

Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan kedalaman H . Dapat dilihat pada Gambar 2.11 merupakan gambar penampang berbentuk persegi.



Gambar 2.11 Saluran bentuk persegi
(SNI 03-3424-1990)

Perhitungan untuk penampang bentuk persegi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots 2.37$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots 2.38$$

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots 2.39$$

$$A = B \times H \dots\dots\dots 2.40$$

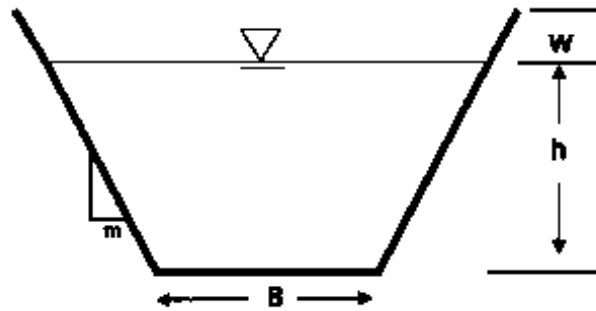
$$P = 2H + B \dots\dots\dots 2.41$$

dimana:

- Q = Debit aliran (m^3/dt)
- V = Kecepatan aliran (m/dt)
- m = Kemiringan penampang
- n = Koefisien kekasaran manning
- P = Keliling penampang basah (m)
- A = Luas penampang basah (m^2)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- I = Kemiringan saluran

b. Penampang bentuk trapesium

Adapun gambar penampang saluran trapesium dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Saluran trapesium
(SNI 03-3424-1990)

Perhitungan untuk penampang bentuk trapesium dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots 2.42$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots 2.43$$

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots 2.44$$

$$A = H (B + mH) \dots\dots\dots 2.45$$

$$P = B + 2H \sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots 2.46$$

dimana :

Q = Debit aliran (m³/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

m = Kemiringan penampang

n = Koefisien kekasaran manning

P = Keliling penampang basah (m)

A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

Menurut Suripin (2004) dalam bukunya yang berjudul Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan, menyarankan kemiringan dinding saluran berdasarkan tanah seperti pada Tabel 2.12 berikut ini :

Tabel 2.12 Kemiringan Dinding Saluran Berdasarkan Tipe Tanah

No	Tipe Tanah	Nilai (m)	
		Kedalaman Saluran Sampai 1,2 m	Kedalaman Saluran > 1,2 m
1	Turf	0	-
2	Lempung keras	0,5	1
3	Geluh kelepungan dan geluh keliatan	1	1,5
4	Geluh kepasiran	1,5	2
5	Pasir	2	3

(Sumber: Suripin, 2004)

2.8.2 Desain Saluran

Prosedur pelaksanaan dalam mendesain saluran drainase adalah sebagai berikut :

- a. Tentukan jenis penampang saluran yang akan digunakan, kemudian tentukan juga bahan material saluran yang akan dibuat
- b. Tetapkan kecepatan izin yang tergantung dari bahan saluran berdasarkan Tabel 2.13 sebagai berikut :

Tabel 2.13 Kecepatan Aliran Yang Diizinkan Pada Bahan Dinding dan Dasar Saluran

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Ijin (m/dt)
1	Pasir Halus	0,45
2	Lempung Kepasiran	0,50
3	Lanau Alluvial	0,60
4	Kerikil Halus	0,75

Lanjutan Tabel 2.13 Kecepatan aliran yang diizinkan pada bahan dinding dan dasar

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Ijin (m/dt)
5	Lempung Keras/Kokoh	0,75
6	Lempung Padat	0,10
7	Kerikil Kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Beton-beton bertulang	1,50

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

- c. Hitung luas penampang desain (A_d) dengan rumus :

$$A_d = \frac{Q}{V_{izin}} \dots\dots\dots 2.47$$

- d. Hitung luas penampang ekonomis (A_e) berdasarkan kriteria penampang ekonomis dan menggunakan rumus yang sesuai dengan bentuk penampang.

Contoh : Untuk penampang persegi

$$A = b \times y \rightarrow b = 2y \dots\dots\dots 2.48$$

$$A = 2y \times y = 2y^2 \dots\dots\dots 2.49$$

$$A_e = A_d \dots\dots\dots 2.50$$

$$2y^2 = A_d \dots\dots\dots 2.51$$

- e. Hitung Free Board (w)

$$W = \sqrt{0,5 y} \dots\dots\dots 2.52$$

- f. Hitung kemiringan-kemiringan saluran dengan menggunakan rumus :

1. Rumus Chezy

$$V = C \times \sqrt{R \times I} \dots\dots\dots 2.53$$

dimana :

V = Kecepatan rata-rata aliran (m/dt)

C = Koefisien chezy

R = Jari-jari hidrolis

I = Kemiringan dasar saluran

Koefisien chezy dapat dihitung melalui :

A. Rumus Kutter

$$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{1} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left(23 + \frac{0,00155}{1} \right)} \dots\dots\dots 2.54$$

dimana :

R = Jari-jari hidrolik

I = Kemiringan dasar saluran

n = Koefisien kutter

B. Rumus Bazin

$$C = \frac{157,6}{1,81 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \dots\dots\dots 2.55$$

dimana :

R = Jari-jari hidrolik

I = Kemiringan dasar saluran

m = Koefisien bazin

2. Rumus *Manning – Gaukler – Strikler*

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots 2.56$$

dimana :

n = Koefisien *manning*

V = Kecepatan aliran (m/det)

R = Jari-jari hidrolik

I = Kemiringan saluran

Adapun kemiringan saluran didapat berdasarkan dari bahan saluran. Dapat dilihat pada Tabel 2.14 sebagai berikut :

Tabel 2.14 Kemiringan Saluran Berdasarkan Bahan Saluran

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: H.A.Halim Hasmar,2011:22)

Dalam perhitungan untuk mendapatkan kemiringan saluran dengan rumus manning maka dibutuhkannya koefisien manning. Koefisien manning dapat dilihat pada Tabel 2.15 sebagai berikut :

Tabel 2.15 Nilai Koefisien *Manning*

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
SALURAN BUATAN					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan,lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035

Lanjutan Tabel 2.15 Nilai Koefisien *Manning*

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
SALURAN ALAM					
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlobang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8 tetapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,033	0,045	0,050	0,055
11	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no.10 berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,010	0,012	0,015
SALURAN BUATAN BETON ATAU BATU KALI					
16	Saluran psangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16 tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013

(Sumber: SNI 03-3424-1994)