

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

2.1.1 Definisi Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas, jadi drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah (Suripin, 2004)

2.1.2 Fungsi Drainase

Drainase memiliki banyak fungsi diantaranya

1. Berfungsi untuk menyalurkan limpasan air hujan maupun limbah air bekas (air limbah) rumah tangga atau keduanya. Konstruksi sistem saluran ini cocok dipakai untuk perkotaan yang sangat padat dan lahan yang tersedia telah terbatas.
2. Berfungsi untuk menyalurkan air hujan dan limbah air bekas dimana fluktuasi debitnya besar, bentuk yang panjang mengecil ini berfungsi untuk mendapatkan kedalaman air yang cukup untuk dapat menghanyutkan endapan padat dan tinja walaupun debitnya kecil.
3. Berfungsi untuk mengalirkan air hujan dalam jumlah besar dimana bagian atasnya terdapat bangunan walaupun daya alirnya tidak sebaik yang berbentuk bulat telur, namun pelaksanaannya relatif mudah.

Dalam Jurnal (Imamuddin & Antoni, 2019), berikut ini beberapa fungsi drainase diantaranya :

1. Mengalirkan air dari daerah yang tergenang genangan air.
2. Mengendalikan akumulasi limpasan air hujan yang berlebihan.
3. Mengendalikan erosi, kerusakan jalan, dan kerusakan infrastruktur.

4. Mengelola kualitas air.

2.1.3 Tujuan Drainase

Tujuan diadakannya drainase pada suatu kawasan perkotaan adalah (Suripin, 2004):

1. Pengeringan

Hal ini secara umum berlaku untuk daerah dataran rendah dengan topografi datar seperti daerah-daerah rawa atau daerah lingkungan yang rendah dan selalu tergenang.

2. Pencegahan Banjir

Diterapkan untuk daerah yang mempunyai intensitas curah hujan tinggi, sehingga tanah selalu dalam keadaan jenuh dan tidak dapat melakukan infiltrasi dengan baik, sehingga limpasan permukaan (*ruun off*) menjadi besar.

3. Pembuangan Air Kotor

Digunakan untuk membuang limbah-limbah industri dan limbah rumah tangga berupa cairan, dapat dibuatkan saluran tersendiri ataupun secara terpisah untuk kemudian dialirkan ke laut atau sungai setelah terlebih dahulu dilakukan pendauran ulang.

2.1.4 Jenis-Jenis Drainase

Jenis drainase dapat dikelompokkan sebagai berikut (Hadi Hardjaja, dalam jurnal Kusumo 2009):

1.) Drainase Menurut Sejarah Terbentuknya

A. Drainase Alamiah (Natural Drainage)

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang, saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun yang membentuk jalan air yang permanen seperti sungai. Daerah-daerah dengan drainase alamiah yang relatif bagus akan membutuhkan perlindungan yang lebih sedikit dari pada daerah-daerah rendah yang tertindak sebagai kolam penampung bagi aliran dari daerah anak-anak sungai yang luas.

B. Drainase Buatan

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu, gorong-gorong dan pipa-pipa.

2.) Drainase Menurut Letak Bangunannya

A. Drainase Permukaan Tanah (Surface Drainage)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan analisis *open channel flow* (aliran saluran terbuka).

B. Drainase Bawah Permukaan Tanah (Subsurface Drainage)

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

3.) Drainase Menurut Konstruksinya

A. Saluran Terbuka

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 atau mengganggu lingkungan.

B. Saluran Tertutup

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

4.) Drainase Menurut Sistem Bangunannya

A. Sistem Terpisah (Separate System)

Dimana air kotor dan air hujan di layani oleh sistem saluran masing-masing secara terpisah.

B. Sistem Tercampur (Combined System)

Dimana air kotor dan air hujan di salurkan melalui saluran air yang sama.

C. Sistem Kombinasi (Pseudo Separate System)

Merupakan perpaduan antara saluran air buangan dan saluran air hujan dimana pada waktu musim hujan air bangunan dan air hujan tercampur dalam saluran air bangunan, sedangkan air hujan berfungsi sebagai pengenceran penggelontor. Kedua saluran tidak bersatu tetapi dihubungkan dengan sistem perpipaan *interceptor*.

2.1.5 Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase merupakan bagian dari infrastruktur pada suatu kawasan, drainase masuk pada kelompok infrastruktur air pada pengelompokan infrastruktur wilayah, selain itu ada kelompok jalan, kelompok sarana transportasi, kelompok pengelolaan limbah, kelompok bangunan kota, kelompok energi dan kelompok telekomunikasi (Suripin, 2004).

Air hujan yang jatuh di suatu kawasan perlu di alirkan atau di buang, caranya dengan pembuatan saluran yang dapat menampung air hujan yang mengalir di permukaan tanah tersebut. Sistem saluran di atas selanjutnya di alirkan ke sistem yang lebih besar. Sistem yang paling kecil juga di hubungkan dengan saluran rumah tangga dan sistem saluran bangunan infrastruktur lainnya, sehingga apabila cukup banyak limbah cair yang berada dalam saluran tersebut perlu di olah(*treatment*). Seluruh proses tersebut yang dikenal sebagai sistem drainase(Kodoatie,2003). Bagian infrastruktur(sistem drainase) dapat di definisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dana atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat di fungsikan secara optimal. Ditinjau dari hulunya, bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*inseptor drain*), saluran pengumpul (*colector drain*), saluran pembawa (*conveyot drain*), saluran induk (*main drain*) dan badan air penerima (*receiving waters*). Di sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, pohon, jembatan air (*aquaduct*), pelimpah pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando dan stasiun pompa. Pada sistem drainase yang lengkap, sebelum masuk ke badan penerimaan air diolah dahulu pada Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL), khususnya untuk sistem tercampur. Hanya air yang memiliki baku mutu tertentu yang dimasukkan

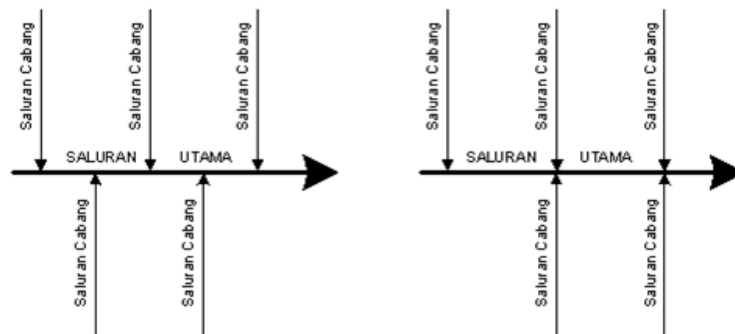
kedalam air penerima biasanya sungai, sehingga tidak merusak lingkungan (Suripin, 2004).

2.1.5 Pola Jaringan Drainase

Pada sistem jaringan drainase terdiri dari beberapa saluran yang saling berhubungan sehingga membentuk suatu pola jaringan, dari bentuk pola jaringan dapat dibedakan sebagai berikut (Wesli, 2008) :

1. Pola Siku

Pola siku adalah pola di mana saluran cabang membentuk siku-siku pada saluran utama, biasanya dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai di mana sungai merupakan saluran pembuang utama berada di tengah kota.

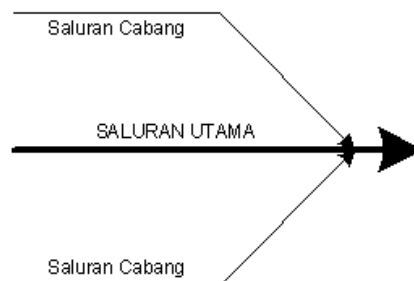


Sumber: Drainase Perkotaan (Wesli, 2008)

Gambar 2. 1 Pola Jaringan Siku

2. Pola Paralel

Pola Paralel adalah suatu pola di mana saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang yang pada bagian akhir saluran cabang dibelokkan menuju saluran utama. Pada pola paralel saluran cabang cukup banyak dan pendek-pendek.

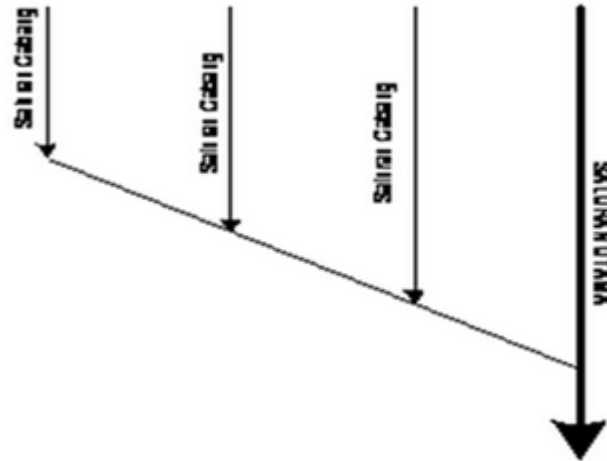


Sumber :Drainase Perkotaan (Wesli, 2008)

Gambar 2. 2 Pola Jaringan Paralel

3. Pola *Grid Iron*

Pola *grid iron* merupakan pola jaringan drainase di mana sungai terletak di pinggiran kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul kemudian dialirkan pada sungai.

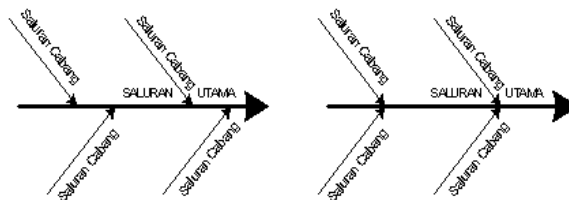


Sumber :Drainase Perkotaan (Wesli, 2008)

Gambar 2. 3 Pola Jaringan Grid Iron

4. Pola Alamiah

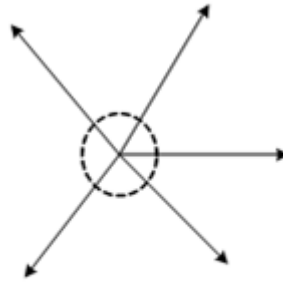
Pola alamiah adalah suatu pola jaringan drainase yang hampir sama dengan pola siku, di mana sungai sebagai saluran utama berada di tengah kota namun jaringan saluran cabang tidak selalu berbentuk siku terhadap saluran utama(sungai).



Sumber :Drainase Perkotaan (Wesli, 2008)

Gambar 2. 4 Pola Jaringan Alamiah Pola Radial

5. Pola Radial



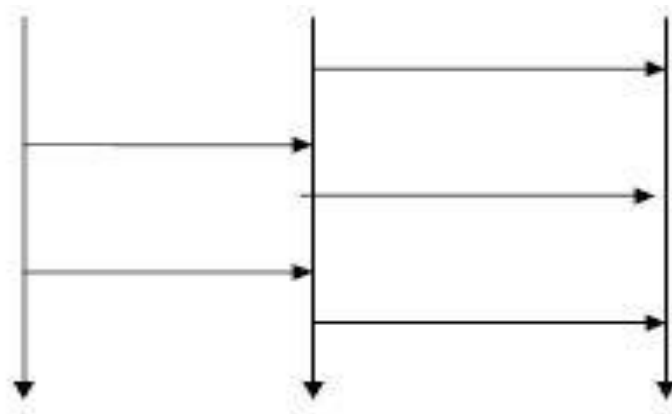
Sumber :Drainase Perkotaan (Wesli, 2008)

Gambar 2. 5 Pola Jaringan Radial

Pola adalah pola jaringan drainase yang mengalirkan air dari pusat sumber air memencar ke berbagai arah, pola ini sangat cocok digunakan pada daerah yang berbukit.

6. Pola Jaringan Jaring-jaring

Pola jaring-jaring adalah pola drainase yang mempunyai saluran-saluran pembuang mengikuti arah jalan raya. Pola ini sangat cocok untuk daerah yang topografinya datar.



Sumber :Drainase Perkotaan (Wesli, 2008)

Gambar 2. 6 Pola Jaringan Jaring-jaring

2.2 Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008). Faktor hidrologi yang sangat berpengaruh adalah curah hujan. Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya (Sosrodarsono, 2003).

Analisa Hidrologi merupakan langkah yang paling penting untuk merencanakan drainase. Analisa ini perlu untuk dapat menentukan besarnya aliran permukaan ataupun pembuangan yang harus ditampung. Analisa hidrologi merupakan suatu analisis yang berfungsi untuk mengendalikan potensi air agar dapat terdistribusi dengan memerhatikan siklus hidrologi, kualitas data, dan rekaman data (Triatmodjo, 2010).

2.2.1 Distribusi Curah Hujan

Distribusi Curah Hujan dibutuhkan untuk perencanaan drainase yang jangka waktunya disesuaikan berdasarkan sifat-sifatnya antara lain curah hujan tahunan, curah hujan bulanan, curah hujan harian, jam-jam an dan menitan. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk perencanaan prospek di masa yang akan datang saat perencanaan dan perancangan terjadi. Analisis frekuensi untuk curah hujan secara umum dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis distribusi probabilitas kontinu antara lain: (Ponce, 1989).

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Gumbel Tipe I
3. Distribusi Log Pearson III
4. Distribusi Log Normal 2 Parameter
5. Distribusi Log Normal 3 Parameter

2.2.1.1 Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal ini biasanya disebut juga distribusi Gauss. Langkah-langkah perhitungan analisa frekuensi curah hujan dengan Metode Normal adalah sebagai berikut:

$$C_k = 3.C_v^2 \qquad C_s = 0$$

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_n.S_x \dots\dots\dots(2.1)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

\bar{X} = Nilai curah hujan rata-rata selama n tahun pengamatan

X_{Tr} = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu.

S_x = Deviasi standar nilai variat.

k_n = Faktor frekuensi.

n = Jumlah tahun pengamatan

Untuk nilai probabilitas kumulatif yang dihitung, nilai t_p diperoleh dari Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Nilai Variasi Reduksi Gauss

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	k	Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05	3,33	0,3	0,52
1,005	0,995	-2,58	4	0,25	0,67
1,01	0,99	-2,33	5	0,2	0,84
1,05	0,95	-1,64	10	0,1	1,28
1,11	0,9	-1,28	20	0,05	1,64
1,25	0,8	-0,84	50	0,02	2,05
1,33	0,75	-0,67	100	0,01	2,33
1,43	0,7	-0,52	200	0,005	2,58
1,67	0,6	-0,25	500	0,002	2,88
2	0,5	0	1000	0,001	3,09
2,5	0,4	0,25			

Sumber: (Soewarno,1995)

2.2.1.2 Distribusi Gumbel Tipe I

Distribusi Gumbel Tipe I atau disebut juga dengan distribusi ekstrem 1 (*extreme type I distribution*) umumnya digunakan untuk analisa data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir. Peluang kumulatif ini sering dipakai untuk menganalisa keadaan maximum seperti frekuensi banjir (Soewarno, Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data, 1995). Langkah-langkah perhitungan analisa frekuensi curah hujan dengan Metode Gumbel adalah sebagai berikut dengan ciri khas:

Cs = 1,3960

Ck = 5,4002

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$X_{tr} = \bar{X} + K \cdot S_x \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

X = Nilai curah hujan rata-rata selama n tahun pengamatan

n = Jumlah tahun pengamatan

X_{tr} = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode tertentu

K = Faktor frekuensi yang dapat dihitung dengan persamaan

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

Y_t = *Reduced variate* (Y_t) dapat diperoleh dari Tabel 2.2

Y_n dan S_n = Y_n (*Reduced Mean*) dapat dilihat pada Tabel 2..3 dan S_n (*Reduced Standard Deviation*) dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gumbel

T (Tahun)	Peluang	Y
1,001	0,001	-1,93
1,005	0,005	-1,67
1,01	0,01	-1,53
1,05	0,05	-1,097
1,11	0,1	-0,834
1,25	0,2	-0,476
1,33	0,25	-0,326
1,43	0,3	-0,185
1,67	0,4	0,087
2	0,5	0,366
2,5	0,6	0,671

T (Tahun)	Peluang	Y
3,33	0,7	1,03
4	0,75	1,24
5	0,8	1,51
10	0,9	2,25
20	0,95	2,97
50	0,98	3,9
100	0,99	4,6
200	0,995	5,29
500	0,998	6,21
1000	0,999	6,9

Sumber: (Soewarno, 1995)

Tabel 2. 3 Hubungan Nilai Yn dengan Jumlah Data n

N	Yn	Sn	N	Yn	Sn
5	0,4588	0,7928	20	0,5236	1,0628
6	0,469	0,8388	21	0,5252	1,0694
7	0,4774	0,8749	22	0,5252	1,0755
8	0,4843	0,9013	23	0,5268	1,0812
9	0,4902	0,9288	24	0,5282	1,0865
10	0,4952	0,9496	25	0,5309	1,0914
11	0,4996	0,9697	26	0,5321	1,0961
12	0,5035	0,9833	27	0,5332	1,1005
13	0,507	0,9971	28	0,5343	1,1017
14	0,51	1,0095	29	0,5353	1,1086
15	0,5128	1,0206	30	0,5362	1,1124
16	0,5154	1,0306	31	0,5371	1,1159
17	0,5177	1,0397	32	0,538	1,1193
18	0,5198	1,0481	33	0,5388	1,1225
19	0,5217	1,0557	34	0,5396	1,1256

Sumber: (Soewarno, 1995)

Tabel 2. 4 Hubungan Nilai Sn dengan Jumlah Data n

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,193
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9933	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,177	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,198
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,148	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0696	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2007
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1844	92	1,202
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,1961	49	1,159	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,189	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,206
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1682	78	1,1923		

Sumber: (Soewarno, 1995)

2.2.1.3 Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson Tipe III, banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrem. Bentuk ini merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson Tipe III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik. Bentuk kumulatif dari distribusi Log Pearson Tipe III dengan nilai Variatnya X apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan model matematik persamaan garis lurus:

$$Y = \bar{Y} + k.S \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

Y = Nilai logaritma dari X ($\log x$ atau $\ln x$)

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung atau rata-rata geometrik nilai Y

K = Simpangan baku (deviasi standar) nilai Y

S = Faktor sifat distribusi Log Pearson Tipe II

Adapun langkah-langkah perhitungan:

- a) Tentukan logaritma dari semua nilai variat X
- b) Hitung nilai rata-ratanya:

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log X}{N}$$

- c) Hitung nilai deviasi standar dari log X

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{(\log X - \log \bar{X})^2}{n - 1}}$$

- d) Hitung nilai koefisien kemencengan (*skewness*)

$$\text{Log} X = \text{Log} \bar{X} + k(S_{\log X})$$

- e) Tentukan anti log dari nilai log X untuk mendapatkan nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai Cs nya. Nilai K berdasarkan Cs dapat di lihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Hubungan Periode Ulang (T) dengan Reduksi Variat dari Varibael (Y)

Kemencengan (CS)	Periode Ulang							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
3	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	1,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,138	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,218	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,758	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,868	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	2,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,847	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,209	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,510	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,900	0,995	1,000
-2,2	0,330	0,777	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber: Soewarno. 1995

2.2.1.4 Distribusi Log Normal 2 Parameter

Distribusi Log Normal 2 Parameter mempunyai persamaan transformasi:

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{X} + K \cdot S_{\text{Log}X} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

Log X = Nilai variat X yang diharapka terjadi

Log \bar{X} = Rata-rata X hasil pengamatan

$S_{\text{Log}X}$ = Deviasi standar logaritmik nilai X hasil pengamatan

K = Karakteristik dari distribusi Log Normal. Nilai k dapat diperoleh dari tabel yang merupakan fungsi peluang kumulatif dan periode ulang.

Jika tanpa menggunakan nilai logaritmik, dapat menggunakan cara $X = \bar{X} + K \cdot S$ dimana nilai k diambil dari **Tabel 2.6** nilai fungsi kumulatif dari periode ulang dengan nilai koefisien variasinya.

Tabel 2. 6 Nilai Faktor k untuk Distribusi Log Normal 2 Parameter

koefisien Variasi (Cv)	Peluang Kumulatif P(%):P(X£X)					
	50	80	90	95	98	99
	Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	20	50	100
0.05	-0,025	0,8334	1,2965	1,6863	2,1341	2,457
0,1	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	2,213	2,5489
0,15	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	2,2899	2,2607
0,2	-0,0971	0,7926	1,32	1,7598	2,364	1,7716
0,25	-0,1194	0,7746	1,3209	1,7911	2,4318	2,8805
0,3	-0,1406	0,7647	1,3183	1,8183	2,5015	2,9866
0,35	-0,1604	0,7333	1,3126	1,8414	2,5638	3,089
0,4	-0,1788	0,71	1,3037	1,8602	2,6212	3,187
0,45	-0,1957	0,687	1,29	1,8746	2,6731	3,2799
0,5	-0,2111	0,6626	1,2778	1,8848	2,7202	3,3673
0,55	-0,2251	0,6379	1,2613	1,8909	2,7613	2,4488
0,6	-0,2375	0,6129	1,2428	1,8931	2,7971	3,5211
0,65	-0,2185	0,5879	1,226	1,8951	2,8279	3,393
0,7	-0,2582	0,5631	1,2011	1,8866	2,8532	3,3663
0,75	-0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,8735	3,7118
0,8	-0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,8891	3,7617
0,85	-0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,9002	3,8056
0,9	-0,2852	0,4686	1,106	1,8212	2,9071	3,8137
0,95	-0,2895	0,4466	1,081	1,8021	2,9103	3,8762
1	-0,2929	0,4254	1,056	1,7815	2,9098	3,9035

Sumber: Soewarno.1995

2.2.1.5 Distribusi Log Normal 3 Parameter

Log Normal 3 Parameter adalah hasil transformasi distribusi normal dengan modifikasi suatu parameter dengan β sebagai batas bawah, sehingga nilai variat X harus ditransformasikan menjadi $(X-\beta)$ dan nilai $\ln X$ menjadi $\ln (X-\beta)$. Persamaan garis lurus metode Log Normal 3 Parameter ini adalah :

$$Y = \bar{Y} + K.S \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

Y = Logaritma dari kejadian $(X-\beta)$, pada periode ulang tertentu.

\bar{Y} = Nilai rata-rata kejadian Y

S = Deviasi standar variat X

K = Nilai karakteristik dari distribusi Log Normal 3 Parameter

Nilai K tergantung pada koefisien *skewness*, dapat diperoleh dari **Tabel 2.7**.

Jika tanpa menggunakan nilai logaritmik, dapat menggunakan cara $X = \bar{X} + K.S$.

Tabel 2.7 Nilai Faktor Frekuensi dan Distribusi Log Normal 3 Parameter

koefisien Variasi (Cv)	Peluang Kumulatif P(%):P(X≤X)					
	50	80	90	95	98	99
	Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	20	50	100
-2	0,2366	-0,6144	-1,2437	-1,8916	-2,7942	-3,5196
-1,8	0,224	-0,6395	-1,2621	-1,8928	-2,7578	-3,4433
-1,6	0,2092	-0,6654	-1,2943	-1,8901	-2,7138	-3,357
-1,4	0,192	-0,692	-1,2943	-1,8827	-2,6615	-3,2601
-1,2	0,1722	-0,7186	-1,3067	-1,8696	-2,6002	-3,1521
-1	0,1495	-0,7449	-1,3156	-1,8501	-2,4492	-2,9043
-0,8	0,1241	-0,77	-1,3201	-1,8235	-2,4492	-2,9043
-0,6	0,0959	-0,793	-0,3194	-1,7894	-2,36	-2,7665
-0,4	0,0654	-0,8131	-0,3128	-1,7478	-2,2631	-2,6223
-0,2	0,032	-0,8296	-0,3002	-1,6993	-2,1602	-2,4745
0	0	0	0	0	0	0
0,2	-0,0332	0,8296	0,3002	1,6993	2,1602	2,4745
0,4	-0,0654	0,8141	0,3128	1,7478	2,2631	2,6223
0,6	-0,0959	0,793	0,3194	1,7894	2,36	2,7665
0,8	-0,1241	0,77	1,3201	1,8235	2,4492	2,9043
1	-0,1495	0,7449	1,3516	1,8501	2,594	3,0333
1,2	-0,1722	0,7186	1,3067	1,8696	2,6002	3,1521
1,4	-0,192	0,692	1,2943	1,8827	2,6615	3,2601
1,6	-0,2092	0,6654	1,2792	1,8901	2,7138	3,357
1,8	-0,224	0,6395	1,2621	1,8928	2,7578	3,4433
2	-0,2366	0,6144	1,2437	1,8916	2,7943	3,5196

Sumber: Soewarno.1995

2.2.2 Uji Kecocokan

Uji kecocokan bertujuan untuk memilih metode analisa yang sesuai untuk digunakan dalam menentukan hujan periode ulang. Metode metode tersebut adalah metode yang digunakan dalam menghitung distribusi curah hujan, antara lain: Metode Normal, Metode Gumbel Tipe I, Metode Log Normal 2 Parameter, Metode Log Normal 3 Parameter dan Metode Log Pearson III.

2.2.2.1 Uji Deskriptor Statistik

Pengujian dilakukan dengan menggunakan Metode Uji Deskriptor Statistik yang berfokus terhadap nilai koefisien kurtosis, *skewness*, variasi sebagai besaran statistik data, yang kemudian akan dibandingkan dengan nilai tabel acuan agar dapat menentukan metode yang akan digunakan sesuai atau mendekati parameter yang ada di tabel acuan. Tabel nilai acuan uji deskriptor statistik bisa dilihat pada **Tabel 2.8.**

Tabel 2. 8 Nilai Acuan Uji Deskriptor Statistik

Metode	Cv	C _k	C _s
Normal	$\frac{\sigma}{v}$	3	0
Gumbel tipe I	$\frac{\sigma}{v}$	5.402	1.139
Log Pearson Tipe III	0.3	$\left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X}}{S} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$	$\frac{n \sum (\text{Log}X - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)(S_{\text{Log}X})^3}$
Log Normal 2 Parameter	$\frac{\sigma}{v}$	$Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	$3Cv + Cv^3$
Log Normal 3 Parameter	$\frac{\sigma}{v}$	3.8	0.702

Sumber: Triatmodjo, Bambang. 2008

2.2.2.2 Uji Chi Kuadrat (x^2)

Uji Chi Kuadrat (x^2) dilakukan dengan membagi data pengamatan menjadi beberapa sub bagian pengamatan dengan interval peluang tertentu, sesuai dengan pengguna inginkan. Kemudian peluang yang telah ditentukan tersebut dikompilasi dengan persamaan garis lurus dari distribusi yang diuji, selanjutnya parameter x dapat dihitung dengan rumus:

$$xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2.8)$$

Langkah-langkah Perhitungan Uji Chi Kuadrat:

- a) Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau kecil ke besar)
- b) Kelompokkan data menjadi G sub-grup, tiap-tiap sub-grup minimal 4 data pengamatan, dalam skripsi ini dibagi atas 4 sub-grup.
- c) Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub-grup.
- d) Jumlahkan data dari pengamatan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
- e) Tiap-tiap sub-grup hitung nilai : $(o_i - E_i)^2$ dan $\frac{(o_i - E_i)^2}{E_i}$
- f) Jumlahkan seluruh G sub-grup nilai $\frac{(o_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi kuadrat (χ^2) hitung.
- g) Tentukan derajat kebebasan (dk), karena perhitungan terdiri dari 1 (satu) nilai penduga X distribusi normal, log normal 2 parameter dan log normal 3 parameter, gumbel tipe 1, log pearson tipe III, nilai $dk = G - R - 1$, dengan $R = 1$, sehingga dalam skripsi ini $dk = 4 - 1 - 1 = 2$.
- h) Keputusan:
 Apabila nilai chi kuadrat (χ^2) hitung < chi kuadrat (χ^2) tabel, maka metode yang diuji dapat digunakan (diterima), sedangkan apabila nilai chi kuadrat (χ^2) hitung > chi kuadrat (χ^2) tabel, maka metode yang diuji tidak dapat digunakan (ditolak).

2.2.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Cara yang dianggap paling baik untuk memperkirakan besarnya curah hujan dengan periode ulang tertentu adalah dengan melakukan analisa frekuensi pada tempat yang ditinjau. Data curah hujan merupakan suatu rangkaian data yang dianggap mempunyai bentuk persamaan atau fungsi probabilitas (*probability function*).

Analisa frekuensi adalah analisa tentang pengulangan suatu kejadian, dengan tujuan, yaitu:

- a. Menyimpulkan atau memberi kesan tentang sifat-sifat populasi dengan menggunakan urutan pengamatan hidrologi.
- b. Menaksir/memperkirakan besarnya suatu kejadian (x), untuk periode ulang rencana yang lebih kecil atau lebih besar dari rentang waktu pencatatan.

- c. Meramalkan/menentukan periode ulang (frekuensi) dari kejadian-kejadian ekstrim hasil pencatatan (misalnya kejadian banjir atau musim kering) berikut nilai probabilitasnya.

Beberapa parameter statistik yang digunakan dalam perhitungan yaitu :

a. Nilai Rata-rata

Besaran-besaran suatu variabel sering cenderung dekat nilai tengah tertentu, yaitu nilai rata-rata (*mean*). Apabila sampel terdiri dari sejumlah n pengamatan, x_1, x_2, \dots, x_n , maka besaran rata-rata variabel tersebut adalah:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan :

- \bar{X} = Curah hujan rata-rata
- X_i = Data curah hujan
- n = Jumlah data

b. Deviasi Standar

Deskriptor tengah lain yaitu deskriptor variabilitas atau penyebaran yang diukur dengan varian (*variance*) atau deviasi standar (*standard deviation*). Varian diartikan sebagai kuadrat perbedaan antara besaran variat dengan nilai rata-ratanya.

$$S = \left[\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \text{ Atau } S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan :

- S = Simpangan standar
- N = Jumlah data
- $(X_i - \bar{X})^2$ = Kuadrat dari selisih data dan nilai rata-ratanya yang Ditotalkan

c. Koefisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara nilai deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat di hitung dengan persamaan berikut:

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

- Cv = Koefisien Variasi

\bar{X} = Curah hujan rata-rata

S = Standar Deviasi

d. Koefisien Kurtosis

Koefisien Kurtosis di gunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Ck = \frac{1/n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan :

Ck = Koefisien kurtosis

\bar{X} = Curah hujan rata-rata

X_i = Data curah hujan

N = Jumlah data

$\sum (X_i - \bar{X})^4$ = Pangkat empat dari selisih curah hujan dan nilai rata-ratanya yang ditotalkan

e. Koefisien *Skewness*

Koefisien *Skewness* (Cs) merupakan nilai kemencengan atau nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*asymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) dan dapat dihitung dengan persamaan

$$Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan :

Cs = Koefisien *Skewness*

\bar{X} = Curah hujan rata-rata

X_i = Data curah hujan

n = Jumlah data

$\sum (X_i - \bar{X})^3$ = Pangkat tiga dari selisih curah hujan dan nilai rata-ratanya yang ditotalkan

Hasilnya kemudian dicocokkan mana yang mendekati dengan beberapa metode analisa frekuensi yang sering digunakan yaitu seperti distribusi normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Type III.

2.2.4 Analisa Debit Curah Hujan

Dalam Analisa perhitungan debit banjir rancangan kita menentukan besarnya debit rancangan yang diakibatkan besarnya curah hujan, perlu ditinjau hubungan antara hujan dan aliran di saluran. Besarnya aliran yang masuk ke dalam saluran ditentukan terutama oleh besarnya curah hujan, durasi hujan, luas daerah sungai dan ciri-ciri daerah aliran tersebut.

Untuk mendapatkan debit akibat curah hujan dapat dicari dengan menggunakan Metode Rasional karena metode tersebut disesuaikan untuk kondisi daerah pengaliran yang tidak terlalu luas dan untuk curah hujan yang dianggap seragam. Persamaan umum adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

- Q = Debit Curah Hujan (m³/det)
- C = Angka Pengaliran (tanpa dimensi)
- I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
- A = Luas Daerah Pengaliran (Ha)

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1}{\Sigma A} \dots\dots\dots (2.15)$$

2.2.4.1 Menghitung Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Intensitas hujan ialah ketinggian hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu air hujan konsentrasi. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan

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

Di Indonesia alat ini sangat sedikit dan jarang, yang banyak digunakan adalah alat pencatat hujan biasa yang mengukur hujan 24 jam atau disebut hujan harian. Apabila yang tersedia hanya data hujan harian ini maka intensitas hujan dapat di estimasi dengan menggunakan rumus Mononobe seperti berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Di mana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = Durasi(lamanya) curah hujan(menit) atau (jam)

Sebelum mencari Intensitas dengan Metode Mononobe ini, terlebih dahulu hitung nilai t dengan persamaan **Kirprich** sebagai berikut :

$$t_c = \left[\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S}\right]^{0,385} \dots\dots\dots(2.17)$$

2.2.4.2 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer. Menurut (Suryaman, 2013), koefisien pengaliran adalah suatu perbandingan antara jumlah air yang mengalir akibat terjadinya hujan dengan jumlah air hujan yang turun di daerah tersebut.

Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan di kemudian hari. Harga C berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan disajikan dalam **Tabel.2.9** sebagai berikut :

Tabel 2. 9 Koefisien Limpasan Rata-rata Untuk Daerah Perkotaan,

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran (C)
Business:	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan:	
- Rumah tinggal	0,30 – 0,50
- Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
Perumahan:	
- Perkampungan	0,75 – 0,40
- Apartemen	0,50 – 0,70
Industri:	
- Ringan	0,50 – 0,80
- Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan:	
- Aspal dan beton	0,70 – 0,95
- Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	
- Datar 2%	0,05 – 0,10
- Rata-rata, 2 – 7%	0,10 – 0,15
- Curam, 7%	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat	
- Datar 2%	0,13 – 0,17
- Rata-rata, 2 – 7%	0,18 – 0,22
- Curam, 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
Hutan	
- Datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
- Bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
- Berbukit, 10 – 30%	0,30 – 0,60

Sumber: (McGuen, 1989) dalam (Suripin, 2004).

2.2.4.3 Waktu Konsentrasi

Menurut (Saputro, 2015), waktu konsentrasi (t_c) adalah waktu yang di perlukan oleh air untuk mengalir dari titik yang paling jauh pada daerah aliran

sampai dengan titik yang yang ditinjau. Debit limpasan dari sebuah daerah aliran akan maksimum apabila seluruh aliran dari tempat terjauh dengan aliran dari tempat-tempat dihilirnya tiba ditempat pengukurannya secara bersama-sama. Hal ini memberi pemahaman bahwa debit maksimum tersebut akan terjadi apabila durasi hujan harus sama atau lebih besar dari waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi dapat dibedakan menjadi dua komponen, yaitu:

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

Waktu konsentrasi untuk drainase perkotaan terdiri dari waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah dari tempat terjauh ke saluran terdekat (*inlet time*) ditambah waktu untuk mengalir di dalam saluran ke tempat pengukuran (*conduit time*), waktu konsentrasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana:

- t_c = Waktu konsentrasi (jam)
- t_o = *Inlet time*, waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan tanah dari titik terjauh ke saluran terdekat (jam)
- t_d = *Conduit time*, waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di dalam saluran sampai ke tempat pengukuran (jam)

Waktu konsentrasi besarnya sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini:

- a. Luas daerah pengaliran
- b. Panjang saluran drainase
- c. Kemiringan dasar saluran
- d. Debit dan kecepatan aliran

Harga t_o , t_d , dan t_c dapat diperoleh dari rumus-rumus empiris, salah satunya adalah rumus Kirpich, seperti persamaan berikut:

$$T_o = 0,0195 \left(\frac{L_o}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,77} \dots\dots\dots(2.19)$$

atau dengan rumus berikut ini :

$$T_o = \left(\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot L_o \cdot \frac{n}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

T_o = *Inlet time* ke saluran terdekat (menit)

L_o = Jarak aliran terjauh di atas tanah hingga saluran terdekat (m)

S_o = Kemiringan permukaan tanah yang dilalui aliran di atasnya

n = Koefisien kekasaran, untuk aspal dan beton adalah 0,013; untuk tanah bervegetasi adalah 0,020 dan tanah perkerasan adalah 0,100.

Harga td ditentukan oleh panjang saluran yang dilalui aliran dan kecepatan aliran di dalam saluran seperti ditunjukkan oleh persamaan berikut ini:

$$T_d = \frac{1 L_1}{3600 V} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

L_1 = Jarak yang ditempuh aliran di dalam saluran ke tempat pengukuran (m)

V = kecepatan aliran didalam saluran (m/dtk)

td = *Conduit time* sampai ke tempat pengukuran (jam)

Pada saluran buatan nilai kecepatan aliran dapat dimodifikasi berdasarkan nilai kekasaran dinding saluran menurut Manning, Chezy atau lainnya. Perkiraan kecepatan aliran dapat dilihat pada Tabel 2.10 sebagai berikut.

Tabel 2. 10 Perkiraan Kecepatan Aliran

Kemiringan rata-rata dasar saluran (%)	Kecepatan rata-rata (m/dtk)
Kurang dari 1	0,40
1 – 2	0,60
2 – 4	0,90
4 – 6	1,20
6 – 10	1,50
10 – 15	2,40

Sumber : (Wesli, 2008)

Harga t_c ditentukan oleh panjang saluran yang dilalui aliran dan kemiringan saluran, dirumuskan seperti berikut :

$$t_c = 0,00013 \frac{L^{0,7}}{S^{0,385}} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana:

t_c = Waktu konsentrasi (jam).

L = Panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran sampai tempat pengamatan, diukur menurut jalannya sungai (km).

S = Perbandingan dari selisih tinggi antara tempat terjauh dan tempat pengamatan, diperkirakan sama dengan kemiringan rata-rata dari daerah aliran.

2.3 Hidrolika

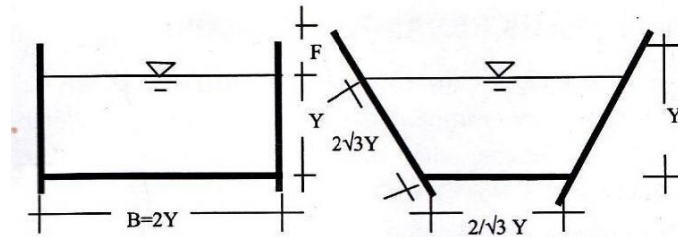
Wesli,(2008) berpendapat bahwa tersedianya lahan merupakan hal yang perlu dipertimbangkan, maka penampang saluran drainase perkotaan dan jalan raya dianjurkan mengikuti penampang hidrolis terbaik, yaitu suatu penampang yang memiliki luas terkecil untuk suatu debit tertentu atau memiliki basah terkecil dengan hantaran maksimum. Unsur-unsur geometris penampang hidrolis terbaik diperlihatkan pada **Tabel 2.11** berikut :

Tabel 2. 11 Unsur Geometrik Penampang Hidrolis

No	Bentuk Penampang	Luas (A)	Keliling	Jari-jari	Lebar
			Basah (P)	Hidrolis (R)	Puncak (T)
1.	Trapesium (setengah segi enam)	$\sqrt{3} y^2$	$2\sqrt{3} y^2$	$\frac{1}{2}. y$	$\frac{3}{2} .y^{2,5}$
2	Persegi Panjang (setengah bujur sangkar)	$2y^2$	$4y$	$\frac{1}{2}y$	$2y^{2,5}$
3	Segitiga (setengah bujur sangkar)	y^2	$2\sqrt{2} y$	$\frac{1}{4}\sqrt{2} y$	$2y$
4	Setengah lingkaran	$\frac{\pi}{2} y^2$	$x y$	$\frac{1}{2} y$	$2 y$
5	Parabola	$\frac{4}{3}\sqrt{2} y$	$\frac{8}{3}\sqrt{2} y$	$\frac{1}{2}.y$	$2\sqrt{2} y$
6	Lengkung Hidrolis	$1,40.y$	$2,9836.y$	$0,468.y$	$1,918.y$

Sumber : (Wesli, 2008)

Gambar penampang hidrolis terbaik penampang melintang persegi panjang dan penampang melintang trapesium dapat dilihat pada Gambar 2.7:



Sumber : (Wesli, 2008)

Gambar 2.7 Penampang Hidrolis Persegi Panjang dan Trapesium

2.3.1 Kecepatan Aliran

Karena betapa sulitnya menentukan tegangan geser dan distribusi kecepatan dalam aliran turbulen, maka digunakan pendekatan empiris untuk menghitung kecepatan rata-rata. Beberapa rumus empiris kecepatan rata-rata akan kita bahas pada bagian berikut ini (Suripin, 2004).

1. Chezy (1769)

Seorang insinyur Prancis yang bernama Antoine Chezy pada tahun 1769 merumuskan kecepatan untuk aliran seragam yang sangat terkenal yang masih banyak dipakai sampai sekarang (Wesli, 2008).

$$V = C\sqrt{R} \cdot I \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata (m/dtk)

C = Koefisien Chezy

R = Jari-jari hidrolis

I = Kemiringan dari permukaan air atau dari gradient energi atau dari dasar saluran, garis-garisnya sejajar untuk aliran yang mantap.

2. Robert Manning (1889)

Seorang insinyur Irlandia bernama Robert Manning (1889), mengemukakan sebuah rumus yang akhirnya diperbaiki menjadi rumus yang sangat terkenal (Wesli, 2008).

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana:

V = Kecepatan rata-rata (m/dtk)

N = Koefisien Manning

R = Jari-jari hidrolis

S = Kemiringan dari permukaan air

Nilai koefisien n Manning untuk berbagai macam saluran secara lengkap dapat dilihat di berbagai referensi, disini hanya ditampilkan beberapa yang dianggap paling sering dipakai dalam perencanaan praktis seperti pada Tabel 2.12. berikut :

Tabel 2. 12 Tipikal harga koefisien kekasaran Manning n, yang sering digunakan

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 dipoles	0,011	0,012	0,014
	• Saluran pembuang 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 dan tinggi	0,025	0,030	0,035
	• Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

Sumber : Suripin, 2004

Kemiringan saluran yang dimaksud adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding saluran. Kemiringan dasar saluran adalah kemiringan dasar saluran arah memanjang dimana umumnya dipengaruhi kondisi topografi, serta tinggi tekanan yang diperlukan untuk adanya pengaliran sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

2.3.2 Analisa Kapasitas Saluran

Pada perhitungan kapasitas saluran eksisting digunakan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas tampung saluran dalam menampung debit yang masuk ke dalam saluran tersebut. Setelah didapatkan penampang basah saluran dan kecepataannya didapat, maka debit dapat dihitung dengan persamaan 2.25 berikut ini :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

Q = Debit (m³/det)

A = Luas penampang basah (m²)

V = Kecepatan Aliran (m/det)