

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Umum

2.1.1. Pengertian Drainase

Drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu.

Drainase perkotaan adalah ilmu yang diterapkan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial yang ada di kawasan kota.

Drainase perkotaan / terapan merupakan sistem pengirangan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi: Pemukiman, Kawasan Industri , Kampus dan Sekolah, Rumah Sakit & Fasilitas Umum, Lapangan Olahraga, Lapangan Parkir, Pelabuhan Udara dan lain-lain.

Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variable desain seperti:

1. Keterkaitan dengan tata guna lahan.
2. Keterkaitan dengan masterplan drainase kota.
3. Keterkaitan dengan masalah sosial budaya.

(H.A. Halim Hasmar : 2012)

2.1.2. Tujuan Perencanaan Drainase

Untuk meningkatkan kesehatan lingkungan permukiman. Pengendalian kelebihan air permukaan dapat dilakukan secara aman, lancar dan efisien serta sejauh mungkin dapat mendukung kelestarian lingkungan.

Dapat mengurangi/menghilangkan genangan-genangan air yang menyebabkan bersarangnya nyamuk malaria dan penyakit-penyakit lain, seperti : demam berdarah, disentri serta penyakit lain yang disebabkan kurang sehatnya lingkungan permukiman.

Untuk memperpanjang umur ekonomis sarana-sarana fisik antara lain : jalan, kawasan permukiman, kawasan perdagangan dari kerusakan serta gangguan kegiatan akibat tidak berfungsinya sarana drainase.

2.1.3.Fungsi Drainase

Mengeringkan bagian wilayah kota yang permukaannya lahannya rendah dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik masyarakat.

Mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya agar tidak membanjiri/menggenangi kota yang dapat merusak selain harta benda masyarakat juga infrastruktur perkotaan.

Mengendalikan sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.

Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah. (H.A. Halim Hasmar 2012 : 1)

2.1.4 Jenis – Jenis dan Pola – Pola Drainase

2.1.4.1. Jenis – Jenis Drainase

1. Menurut Cara Terbentuknya

A. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Terbentuk secara alami, tidak ada unsur campur tangan manusia serta tidak terdapat bangunan-bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain.

B. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainasi, untuk menentukan debit akibat hujan, kecepatan resapan air dalam tanah dan dimensi saluran serta memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

2. Menurut Letak Saluran

A. Drainase Muka Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

B. Drainase Bawah Tanah (*Sub Surface Drainage*)

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

3. Menurut Fungsi

A. Single Purpose

Saluran berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja, misalnya air hujan atau jenis air buangan lain seperti air limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.

B. Multy Purpose

Saluran berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut Konstruksi

A. Saluran Terbuka

Saluran untuk air hujan yang terletak di area yang cukup luas. Juga untuk saluran air non hujan yang tidak mengganggu kesehatan lingkungan.

B. Saluran Tertutup

Saluran air untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Juga untuk saluran dalam kota.

5. Menurut Segi Fisik

A. Saluran primer

Saluran primer adalah saluran yang berfungsi membawa air dari sumbernya dan membagikannya ke saluran sekunder.

B. Saluran sekunder

Saluran Sekunder yaitu cabang dari saluran primer yang membagi saluran induk kedalam saluran yang lebih kecil (tersier). Sementara jaringan irigasi sekunder adalah bagian dari jaringan irigasi yang terdiri dari saluran sekunder, saluran pembuangannya, bangunan bagi, bangunan bagi sadap, bangunan sadap, dan bangunan pelengkapanya.

C. Saluran tersier

Yaitu saluran pembawa yang mendapatkan airnya dari saluran sekunder atau saluran induk melalui bangunan bagi pada saluran sekunder atau pintu penyadap pada saluran induk.

D. Saluran kuarter

Yaitu saluran pembawa yang mendapatkan airnya dari saluran tersier atau sub tersier melalui box kuarter untuk diteruskan kesawa.

6. Menurut Daerah Pelayanan

A. Sistem drainase utama (*mayor*)

Adalah bagian dari jaringan drainase kota yang mempunyai pengaruh langsung thd kepentingan masyarakat umum; sistem ini mengumpulkan air dari sistem drainase minor dan membawanya ke sungai.

B. Sistem drainase lokal (*minor*)

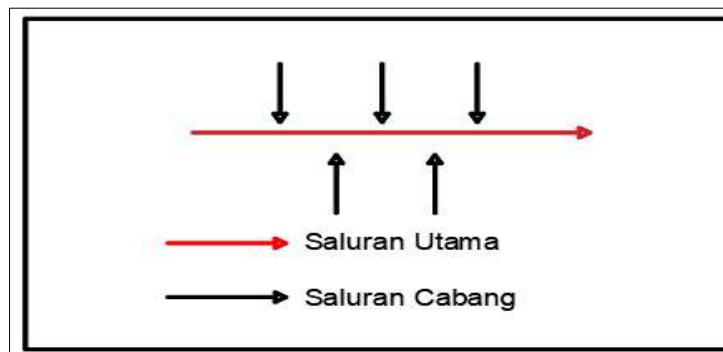
Adalah bagian dari jaringan drainase kota termasuk talang atap, selokan, dan saluran yang mengumpulkan air drainase dari sisi hulu suatu daerah layanan (perumahan, kawasan industri, dsb) dan membawanya ke sistem; direncanakan dengan periode ulang 1 – 10 thn.

2.1.4.2. Pola – Pola Drainase

Jaringan drainase memiliki beberapa pola, yaitu (*Hasmar, 2012*)

1. Siku

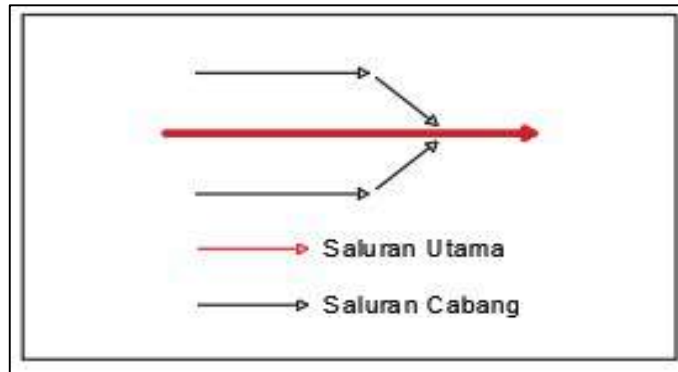
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota.



Gambar 2. 1 Jaringan Drainase Siku
Sumber : Hasmar.2011

2. Paralel

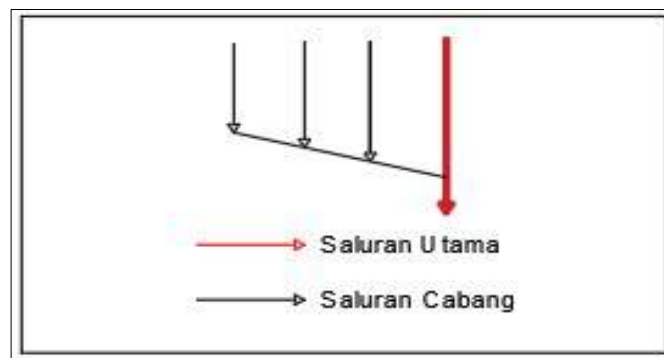
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2. 2 Jaringan Drainase Paralel
Sumber : Hasmar.2011

3. *Grid Iron*

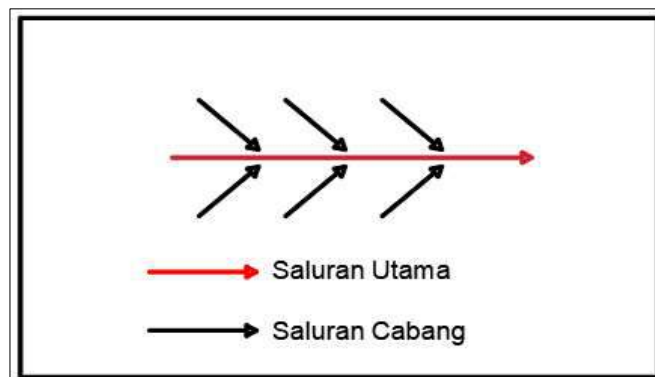
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2. 3 Jaringan Drainase *Grid Iron*
Sumber : Hasmar.2011

4. Alamiah

Sama seperti pola siku, hanya sungai pada pola alamiah lebih besar.

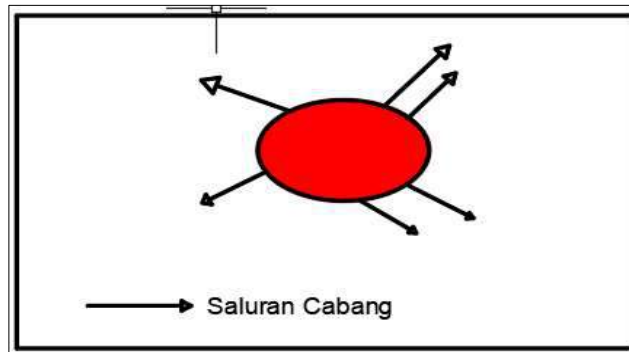


Gambar 2. 4Jaringan Drainase Alamiah

Sumber : Hasmar.2011

5. Radial

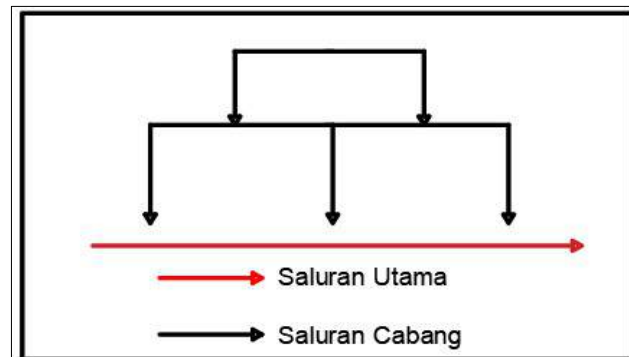
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2. 5 Jaringan Drainase Radial

6. Jaring-Jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.



Gambar 2. 6 Jaringan Drainase Jaring-Jaring

Keterangan:

Saluran Cabang adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya dibuang ke saluran utama.

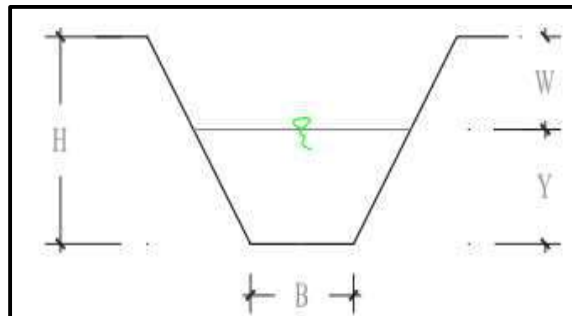
Saluran Utama adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus membahayakan daerah yang dilaluinya.

2.1.5. Bentuk Penampang Saluran

Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Adapun bentuk-bentuk saluran antara lain:

1. Trapesium

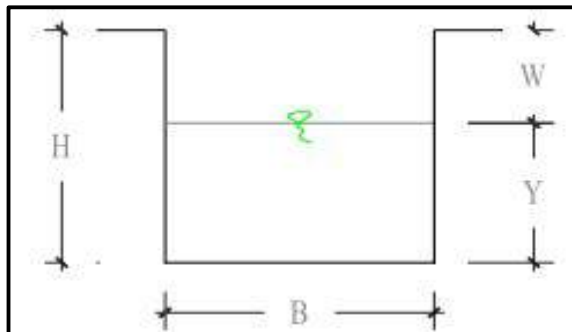
Pada umumnya saluran ini terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Saluran ini memerlukan cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 2. 7 Saluran bentuk Trapesium(SNI 03-3424-1990)

2. Persegi

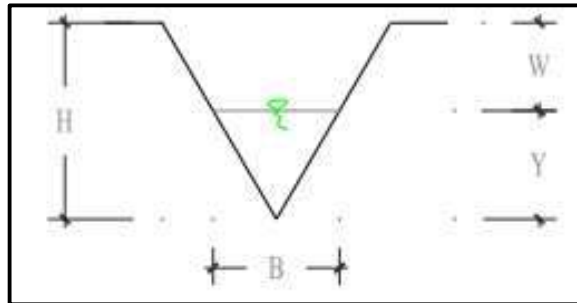
Saluran ini terbuat dari pasangan batu dan beton. Bentuk saluran ini tidak memerlukan banyak ruang dan areal. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 2. 8 Saluran bentuk Persegi(SNI 03-3424-1990)

3. Segitiga

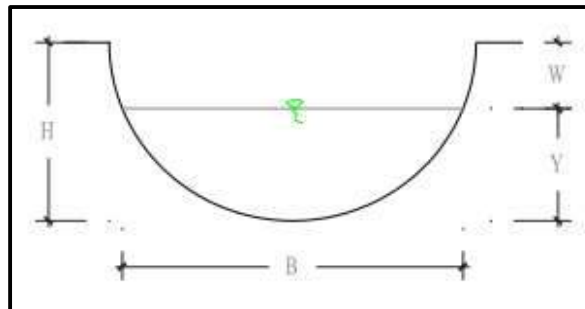
Saluran ini sangat jarang digunakan tetapi mungkin digunakan dalam kondisi tertentu.



Gambar 2.9 Saluran bentuk Segitiga(SNI 03-3424-1990)

4. Setengah Lingkaran

Saluran ini terbuat dari pasangan batu atau dari beton dengan cetakan yang telah tersedia. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 2. 9Saluran bentuk Setengah Lingkaran(SNI 03-3424-1990)

2.1.6. Sistem Jaringan Drainase

1. Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (Catchment Area). Pada umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (major system) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal dan sungai-sungai. Perencanaan drainase mayor ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5-10 tahun dan pengukuran topografi yang detail diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

2. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran atau selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar. (*Allafa : 2008*)

2.2. Analisa Hidrologi

Hidrologi merupakan bidang ilmu pengetahuan yang mempelajari kejadiankejadian serta penyebaran/distribusi air secara alami di bumi. Unsur hidrologi yang dominan disuatu wilayah adalah curah hujan, oleh sebab itu data curah hujan suatu daerah merupakan data utama dalam menentukan besarnya debit banjir rencana maupun debit andalan yang terjadi pada daerah tersebut.

2.2.1. Parameter Statistik dan Perhitungan Dispersi

Perhitungan parameter statistik dilakukan sebelum perhitungan dispersi. Perhitungan parameter statistik dimaksudkan untuk memperoleh nilai dari beberapa dispersi parameter statistik, seperti deviasi standar (S), koefisien *swckness* (Cs), pengukuran *Kurtois* (Ck), dan koefisien variasi (Cv). Namun sebelum memperoleh perhitungan dispersi diperlukan perhitungan parameter statistik, sebagai berikut;

2.2.1.1 Perhitungan nilai rata-rata ($\bar{X}$)

Nilai rata-rata dirumuskan dengan :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$\bar{X}$ = nilai rata-rata

n = jumlah data

2.2.1.2 Perhitungan Standar Deviasi (Std(x))

Nilai standar Deviasi dirumuskan dengan :

$$\text{Std (x)} = \sqrt{\frac{(\sum x - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

Std (x) = standar deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata

n = jumlah data

2.2.1.3 Perhitungan Koefisien Kemencengan atau Skewness (Cs)

Nilai koefisien skewness suatu data dirumuskan dengan :

$$Cs = \frac{n \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(std(x))^3} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

Cs = koefisien skewness

Std (x) = standar deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata

n = jumlah data

2.2.1.4 Perhitungan Koefisien Kurtosis (Ck)

Nilai koefisien kurtosis suatu data dirumuskan dengan :

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(std(x))^4} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

Ck = koefisien kurtosis

Std (x) = standar deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata

n = jumlah data

2.2.1.5 Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

Cv : Koefisien *Variasi*

S : Standar Deviasi

$\bar{X}$: Nilai Rata – Rata Hujan Das

Tabel 2. 1 Analisis statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat		
1	Metode Gumbel	Ck	≤	5,4
		Cs	≤	1,14
2	Metode Log Person Tipe III	Cs	≠	0
		Ck = $\frac{1.5 Cs(\ln X)^2 + 3}{3}$		
			=	3
3	Metode Normal	Cs	≈	0
		Ck	≈	3
4	Metode Log Normal	Cs	=	0
		Ck	=	3

Sumber : (Bambang Triatmodjo, 2008)

2.3. Analisis Frekuensi

Dalam analisis frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu : Metode Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III (*I Made Kamiama, 2011*).

2.3.1. Metode Gumbel

Metode Gumbel diciptakan oleh E.J. Gumble pada tahun 1941. Dalam metode ini data yang diolah diasumsikan mempunyai sebaran tertentu yang disebut sebaran Gumbel. Langkah-langkah pengerjaan perhitungan curah hujan atau debit rancangan dengan metode Gumbel adalah sebagai berikut :

- Mengumpulkan data curah hujan atau debit harian maksimum tahunan dan menyusunnya dalam satu tabel data. Hujan atau debit harian maksimum tahunan adalah hujan atau debit harian tertinggi dalam tahun tertentu
- Mencari nilai rata-rata dan standar deviasi dari data
- Menghitung hujan atau debit rancangan dengan rumus :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n} \times (Y_T - Y_n) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

X_T = curah hujan rencana dengan periode ulang T

$\bar{X}$ = rata-rata data

YT = (*reduced varieties*) yang nilainya dihitung berdasarkan rumus

$$YT = - \ln \left(- \ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

T = kala ulang

Yn = reduced mean yang nilainya berdasarkan jumlah data

S = standar deviasi dari data

Sn = (*reduced standar deviation*) yang nilainya berdasarkan jumlah data

Tabel 2. 2Reduce Mean (Yn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4966	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5300	0.5820	0.5882	0.5343	0.5353
30	0.5363	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5400	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5463	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5468	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									

Sumber : (Soemarto, 1999)

Tabel 2. 3 Reduce Standard Deviation (Sn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0315	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1923	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1447	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2046	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Sumber : (Soemarto, 1999)

2.3.2. Metode Log Person III

Metode ini disebut Log Person III karena metode ini melibatkan tiga parameter dalam proses perhitungannya. Ketiga parameter tersebut adalah harga rata-rata data, standar deviasi data, dan keefisien kemencengan data. Langkah-langkah pengerjaan perhitungan hujan atau debit rancangan dengan metode Log Person III ini adalah sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

Y = Nilai logaritma dari X atau log X

- X = data curah hujan
 $\bar{Y}$ = rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y
 S = Standar deviasi nilai Y
 K = Karakteristik distribusi peluang Log person tipe III (Tabel 2.5)

Langkah – langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a. Mengubah data curah hujan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log(X_1), \log(X_2), \log(X_3), \dots, \log(X_n)$.

- b. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$\overline{\text{Log } X}$ = Harga rata-rata logaritmik

n = Jumlah data

X_i = Nilai curah hujan tiap-tiap tahun (R_{24} maks)

- c. Menghitung harga standar deviasinya dengan rumus berikut :

$$\text{Std } (x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

Std = Standar deviasi

- d. Menghitung koefisien skewness dengan rumus :

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^3}{(n-1)(n-2)\text{Std}^3} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

Cs = Koefisien Skewness

- e. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus :

$$\text{Log } X_t = \log X + G \cdot S1 \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

X_t = curah hujan rencana periode ulang T tahun

G = harga yang diperoleh berdasarkan nilai Cs yang didapat (Tabel 2.5)

- f. Menghitung koefisien kurtosis (C_k) dengan rumus :

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)\text{Std}^4} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

C_k = Koefisien kurtosis

Tabel 2. 4 Harga K untuk distribusi log person tipe III

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun								
	99,01	50	20	10	5	4	2	1	0,5
	Peluang (%)								
	1,01	2	5	10	20	25	50	100	200
1,0	-1,558	-0,164	0,758	1,340	1,8090	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-1,660	-0,148	0,769	1,339	1,7920	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-1,773	-0,132	0,780	1,336	1,7740	1,993	2,453	2,891	3,312
0,7	-1,806	-0,116	0,790	1,333	1,7560	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-1,880	-0,099	0,800	1,328	1,7350	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-1,955	-0,083	0,803	1,323	1,7140	1,910	2,231	2,686	3,041
0,4	-2,029	-0,066	0,816	1,317	1,6920	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-2,104	-0,050	0,824	1,309	1,6690	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-2,178	-0,033	0,830	1,301	1,6460	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-2,252	-0,017	0,836	1,292	1,6210	1,785	2,107	2,400	2,670
0,0	-2,326	0,000	0,842	1,282	1,5950	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,01	-2,400	0,017	0,846	1,270	1,567	1,716	2,000	2,252	2,482
-0,02	-2,472	0,033	0,850	1,258	1,539	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,03	-2,544	0,050	0,853	1,245	1,510	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,04	-2,615	0,066	0,855	1,231	1,481	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,05	-2,686	0,083	0,856	1,216	1,450	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,06	-2,755	0,099	0,857	1,200	1,419	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,07	-2,824	0,116	0,857	1,183	1,386	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,08	-2,891	0,132	0,856	1,166	1,354	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,09	-2,957	0,148	0,854	1,147	1,120	1,107	1,549	1,660	1,749
-1,0	-3,022	0,164	0,852	1,128	1,287	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,1	-3,022	0,180	0,848	1,107	1,252	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,2	-3,149	0,195	0,844	1,086	1,217	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,3	-3,211	0,210	0,838	1,064	1,181	1,240	1,324	1,383	1,424
-1,4	-3,271	0,225	0,832	1,041	1,146	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,5	-3,330	0,240	0,825	1,018	1,386	1,570	1,217	1,256	1,282
-1,6	-3,880	0,254	0,817	0,994	1,075	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,7	-3,444	0,268	0,808	0,970	1,040	1,075	1,116	1,140	1,155
-1,8	-3,499	0,282	0,799	0,945	1,005	1,035	1,069	1,087	1,097
-1,9	-3,553	0,294	0,788	0,920	0,971	0,996	1,023	1,037	1,044
-2,0	-3,065	0,307	0,777	0,895	0,938	0,959	0,980	0,990	0,995
-2,1	-3,656	0,319	0,765	0,869	0,905	0,923	0,939	0,946	0,949
-2,2	-3,705	0,330	0,752	0,844	0,873	0,888	0,900	0,905	0,907
-2,3	-3,753	0,341	0,739	0,819	0,843	0,855	0,964	0,867	0,869
-2,4	-3,800	0,351	0,725	0,795	0,814	0,823	0,830	0,832	0,833
-2,5	-3,845	0,360	0,711	0,771	0,786	0,793	0,789	0,799	0,800
-2,6	-3,889	0,368	0,696	0,747	0,758	0,764	0,768	0,769	0,769
-2,7	-3,932	0,376	0,681	0,724	0,733	0,738	0,740	0,740	0,741
-2,8	-3,973	0,384	0,666	0,702	0,709	0,712	0,714	0,714	0,714
-2,9	-4,013	0,390	0,651	0,681	0,682	0,683	0,689	0,690	0,690
-3,0	-4,051	0,396	0,636	0,660	0,664	0,666	0,666	0,667	0,667

Sumber : Soemarto, 1999

2.3.3. Metode Distribusi Normal

Adapun persamaan-persamaan yang digunakan pada perhitungan dengan metode Normal atau disebut pula sebagai distribusi Gauss ialah sebagai berikut :

$$X_t = \bar{X} + K_t * S \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

X_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang X tahun

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

S = standar deviasi data hujan maksimum tahunan

K_t = standar variabel untuk periode ulang t tahun yang besarnya diberikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 5 Standard Variabel Reduksi Gauss (K)

Periode Ulang (Tahun)	Reduce Variate
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
20	2.9606
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001
200	5.2960
500	6.2140
1000	6.9190
5000	8.5390
10000	9.9210

Sumber : (soemarto, 1999)

2.3.4. Metode Distribusi Log Normal

Metode Log Normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model aritmatik dengan persamaan sebagai berikut :

$$\log X_t = \log \bar{X} + k * S \log x \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

X_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang X tahun

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

S = standar deviasi data hujan maksimum tahunan

Kt = standar variabel untuk periode ulang t tahun yang besarnya diberikan

2.4. Uji Distribusi Probabilitas

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov (*Sri Harto, 1991*). Pengujian ini dilakukan setelah digambarkan hubungan antara kedalaman hujan atau debit dan nilai probabilitas pada kertas probabilitas.

2.4.1. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat menggunakan nilai χ^2 yang dihitung dengan persamaan berikut (*Soewarno, 1995*) :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \leq \chi_{cr}^2 \dots\dots\dots (2.16)$$

$$D_k = K - (P + 1) \dots\dots\dots (2.17)$$

$$K = 1 + 3,322 \log n \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

χ^2 = Harga Chi Kuadrat terhitung

E_i = Frekuensi yang diharapkan

O_i = Frekuensi yang terbaca

χ_{cr}^2 = Harga Chi Kuadrat kritis

D_k = Derajat Kebebasan

K = Banyaknya Kelas

P = Banyaknya keterikatan untuk uji chi kuadrat

Nilai χ yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai χ_{cr}^2 (Chi-Kuadrat kritis), untuk suatu derajat nyata tertentu, yang sering diambil 5%.

Tabel 2. 6 Nilai kritis untuk distribusi Chi-Square

Dk	α Derajat Kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.0002	0.00098	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.01	0.0201	0.0506	0.103	5.991	3.378	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	5.692	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	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.683	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.98	45.558
25	10.52	11.524	13.12	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.16	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.29
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

Sumber : Soewarno, 1995

2.4.2 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov Kolmogorov* juga disebut uji kecocokan non parametik. Karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, namun dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas. Jika dalam penggambaran didapat jarak penyimpangan terbesar merupakan nilai Δ_{maks} dengan kemungkinan didapat nilai lebih kecil dari nilai Δ_{kritik} maka jenis distribusi yang dipilih sebelumnya dapat digunakan. Dalam bentuk persamaan ditulis sebagai berikut :

$$\Delta_{maks} < \Delta_{kritik}$$

Dimana :

Δ_{maks} = Jarak maksimum horizontal titik garis singgung

Δ_{kritik} = Jarak ketentuan uji Smirnov Kolmogorov

Perhitungan peluang empiris dan teoritis dengan menggunakan persamaan Weibull (Soemarto 1986 dalam Kastamto 2010) :

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P_{(x)}} - \frac{P_{(xi)}}{\Delta_{Cr}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

Tabel 2. 7 Nilai delta kritis untuk uji keselarasan Smirnov Kolmogorof

Jumlah data n	Derajat Kepercayaan			
	0.2	0.1	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	1.07/n	1.22/n	1.36/n	1.63/n

Sumber : Charles T. Haan, 1993

2.5 Debit Banjir Rancangan

2.5.1 Penentuan Batas DAS

Daerah Aliran Sungai adalah semua bagian aliran air di sekitar sungai yang mengalir menuju alur sungai, aliran air tersebut tidak hanya berupa air permukaan yang mengalir di dalam alur sungai, tetapi termasuk juga aliran air dipunggung bukit yang mengalir menuju alur sungai sehingga daerah tersebut dinamakan daerah aliran sungai. Pengembangan Wilayah Sungai dalam rangka peningkatan kemampuan penyediaan air sungai untuk berbagai kebutuhan hidup masyarakat, sehingga meliputi beberapa ketentuan antara lain:

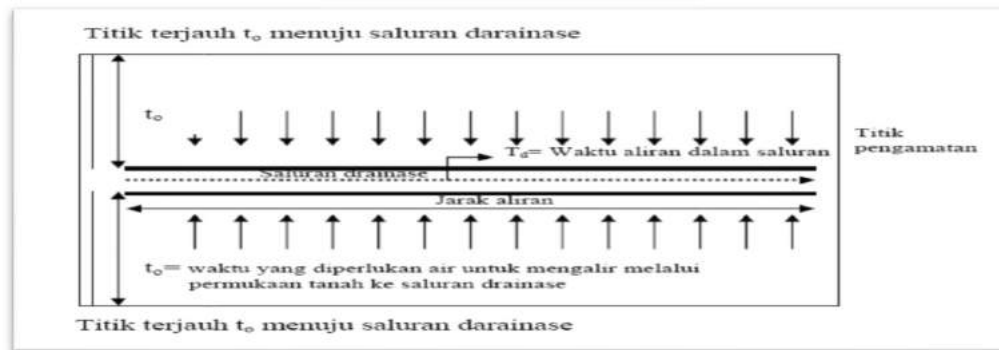
Luas DAS mengikuti pola bentuk aliran sungai dengan mempertimbangkan aspek geografis di sekitar Daerah Aliran Sungai yang mencakup daerah tangkapan (*cathment area*) untuk perencanaan tersebut. Luas DAS dapat diketahui dari gambaran (deskripsi) yang diantaranya meliputi petapeta atau foto udara, dan perbedaan skala serta standar pemetaan sehingga dapat menghasilkan nilai-nilai yang sebenarnya.

1. Waktu Konsentrasi

Menurut Wesli (2008; 35) pengertian waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi:

- 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.



Gambar 2. 10 Lintasan aliran waktu *inlet time* (t_o) dan *conduit time* (t_d)

Sumber: Wesli (2008; 35)

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

- Luas daerah pengaliran
- Panjang saluran drainase
- Kemiringan dasar saluran
- Debit dan kecepatan aliran

Harga T_c ditentukan dengan menggunakan rumus seperti berikut ini:

$$T_c = t_o + t_d \dots \dots \dots (2.20)$$

$$t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]^{0,167} \dots \dots \dots (2.21)$$

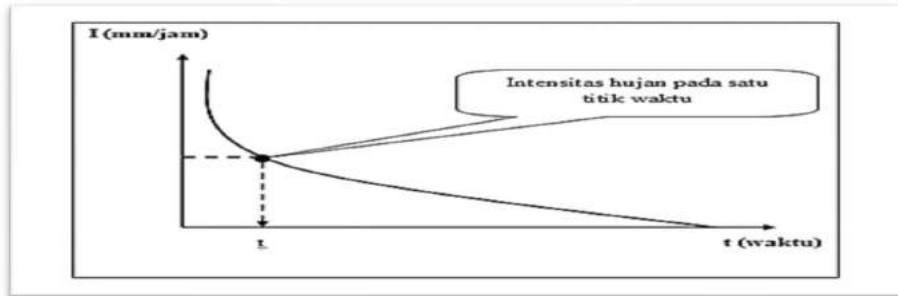
$$t_d = \frac{L_s}{60V} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana:

- T_c : Waktu Konsentrasi (jam)
 t_o : Inlet Time Ke Saluran Terdekat (menit)
 t_d : Conduit Time Sampai Ke Tempat Pengukuran (menit)
 n :Angka Kekasaran Manning
 S : Kemiringan Lahan (m)
 L :Panjang Lintasan Aliran Di Atas Permukaan Lahan (m)
 L_s : Panjang Lintasan Aliran Di Dalam Saluran (m)
 V : Kecepatan Aliran Di Dalam Saluran (m/dtk)

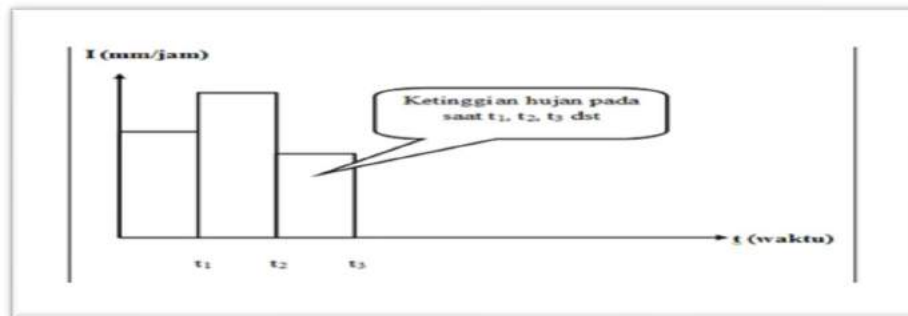
2. Intensitas Hujan

Data Hujan rencana yang diperlukan dalam perhitungan debit rencana dapat berupa: Intensitas hujan rencana di satu titik waktu.



Gambar 2. 11 Kedalaman hujan rencana di satu titik waktu pada Curve IDF
Sumber :Wesli (2008; 35)

Ketinggian hujan rencana yang terdistribusi dalam hujan jam-jaman (hidrograf hujan rencana)



Gambar 2. 12 Hidrograf hujan rencana
Sumber :Wesli (2008; 35)

Kurve yang ditunjukkan dalam Gambar 2.12 sering disebut Curve IDF (Intensity-Duration-Frequency Curve). Kurva ini menggambarkan hubungan antara intensitas hujan, durasi atau lama hujan, dan frekuensi hujan atau periode ulang.

Nilai intensitas hujan rencana yang diperoleh dari Curve IDF diperlukan dalam metode perhitungan debit rencana non hidrogaf, contohnya Metode Rasional.

Intensitas hujan atau intensitas hujan rencana dapat dikatakan sebagai ketinggian atau kederasan hujan per satuan waktu, biasanya dalam satuan (mm/jam) atau (cm/jam).

Jika volume hujan adalah tetap, maka intensitas hujan akan makin tinggi seiring dengan durasi hujan yang makin singkat, sebaliknya intensitas hujan makin rendah seiring dengan durasi hujan yang makin lama.

Disamping itu, berkaitan dengan intensitas hujan rencana, tinggi intensitas hujan rencana akan semakin besar seiring dengan periode ulang yang semakin besar. Data yang diperlukan untuk menurunkan Curve IDF terukur adalah data hujan jangka pendek, seperti hujan 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit, dan data hujan jam-jaman. Kemudian persamaan regresinya dapat didekati dengan beberapa rumus Talbot, Ishiguro, dan Sherman.

Jika data hujan jangka pendek tidak tersedia, dan yang tersedia adalah jangka hujan harian maka persamaan regresi Curve IDF dapat diturunkan dengan metode Monobe. Selain itu, metode Van Breen juga dapat digunakan untuk menurunkan Curve IDF yang didasarkan pada hujan harian. Namun dalam penentuan persamaan regresinya, metode Van Breen memerlukan Curve IDF terukur, disarikan dari daerah pengaliran terdekat, sebagai perbandingan bentuk curve. Grafik yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13 adalah ketinggian hujan yang terdistribusi sebagai fungsi waktu, misalnya dalam bentuk hujan jam-jaman atau disebut dengan hidrograf hujan.

1. Curve IDF Terukur

Penurunan Curve IDF terukur, seperti telah diuraikan sebelumnya, memerlukan data hujan jangka pendek. Jika data hujan tersebut sudah tersedia maka perhitungan Curve IDF dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Ubah data hujan dengan durasi menitan atau jaman menjadi data intensitas hujan menitan atau jaman.

- A. Hitung nilai rata-rata data intensitas hujan pada setiap durasi
- B. Hitung standar deviasi data intensitas hujan pada setiap durasi.
- C. Hitung dan rekap nilai intensitas hujan rencana pada setiap durasi dengan berbagai periode ulang berdasarkan distribusi probabilitas seperti:
 1. Gumbel
 2. Normal
 3. Log Pearosn Type III dan yang lainnya.
- D. Plot nilai intensitas hujan rencana sebagai ordinat dan durasi sebagai absis, sehingga diperoleh sebaran data koordinat.

Berdasarkan sebaran data koordinat tersebut kemudian dihitung persamaan garis regresi Curve IDF dengan rumus:

1. Rumus Monobe

Kurve intensitas hujan rencana, jika yang tersedia adalah hujan harian, dapat ditentukan dengan Rumus Monobe. Bentuk umum dari Rumus Monobe adalah:

$$I = \frac{X_{24}}{4} \times \frac{24^{\frac{2}{3}}}{t} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana:

I : Intensitas Hujan (mm/jam)

X_{24} : Hujan Harian Maksimum (mm)

t : Durasi Hujan Atau Waktu Konsentrasi (jam)

2.6. Debit Banjir Rencana

Banjir rancangan adalah besarnya debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan mendimensi bangunan-bangunan hidraulik (termasuk bangunan di sungai), sedemikian hingga kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui.

Dalam praktek analisis hidrologi terdapat beberapa cara yang dapat ditempuh untuk menetapkan debit banjir rancangan. Masing-masing cara akan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut :

1. Ketersediaan data,
2. Tingkat kesulitan yang dikehendaki,
3. Kesesuaian cara dengan das yang ditinjau.

Cara analisis dapat dikelompokkan menjadi tiga metode, yaitu:

1. Cara Empirik,
2. Cara Statistik,
3. Analisis dengan model Hidrologi.

Cara empirik adalah metode pendekatan dengan rumus rasional. Cara ini diterapkan apabila tidak tersedia data debit yang cukup panjang tetapi tersedia data hujan harian yang panjang. Terdapat empat metode perhitungan banjir rancangan yang dikembangkan berdasarkan prinsip pendekatan rasional, yaitu: metode rasional, metode Der Weduwen, metode Haspers dan metode HSS Gamma I.

Untuk metode Rasional, metode Weduwen dan Haspers termasuk dalam non-hidrograf banjir rancangan sedangkan untuk hidrograf banjir rancangan menggunakan Metode HSS Gamma I seperti yang dipergunakan dalam Standar Perencanaan Irigasi KP-O1 , yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum tahun 1986.

2.6.1. Debit Banjir Rencana Non-Hidrograf

1. Metode Rasional

Perhitungan Metode rasional menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \text{ m}^3/\text{det} \dots \dots \dots (2.24)$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \frac{24^{\frac{2}{3}}}{t} \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana:

Q = Debit Banjir Rencana (m^3/det)

C = Koefisien Run Off (koefisien limpasan)

I = Intensitas Hujan Selama t Jam (mm/jam)

A = Luas DAS (km^2)

$$T = \frac{L}{w} \dots \dots \dots (2.26)$$

T = Waktu Konsentrasi (Jam)

$$w = 72 \times \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana :

w = Waktu Kecepatan Perlambatan (m/det atau km/jam)

L = Jarak Dari Ujung Daerah Hulu Sampai Titik Yang Ditinjau (km)

H = Beda Tinggi Ujung Hulu Dengan Titik Tinggi Yang Ditinjau (m)

Tabel 2. 8 Koefisien Limpasan

Kondisi Daerah	Koefisien Pengaliran	Sifat Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran
Perdagangan		Jalan	
Daerah Kota	0,70-0,95	Aspal	0,70-0,95
Daerah Dekat Kota	0,50-0,70	Beton	0,80-0,95
Pemukiman		Batu Bata	0,70-0,85
Rumah tinggal terpencar	0,30-0,50	Batukerikil	0,15-0,35
Kompleks Perumahan	0,40-0,60	Jalan Raya dan Trotoar	0,70-0,85
Pemukiman (sub urban)	0,25-0,40	Atap	0,75-0,95
Apartemen	0,25-0,40	Lapangan Rumput, Tanah Berpasir	
Industri			
Industri Ringan	0,50-0,80	Kemiringan 2%	0,05-0,10
Industri Berat	0,60-0,90	Rata-rata 2-7%	0,10-0,15
Taman, Kuburan	0,10-0,25	Curam 7%	0,15-0,20
Lapangan Bermain	0,10-0,25	Lapangan Rumput, Tanah Keras	
Daerah Halaman KA	0,20-0,40	Kemiringan 2%	0,13-0,17
Daerah Tidak Terawat	0,10-0,30	Rata-rata 2-7%	0,18-0,22
		Curam 7%	0,25-0,35

(Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Cipta Karya 2012)

Tabel 2. 9 Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah	Tata guna lahan	Koeff. limpasan
Campuran pasir dan atau	Pertanian	0,20
campuran kerikil	Padang rumput	0,15
	Hutan	0,10
Geluh dan sejenisnya	Pertanian	0,4
	Padang rumput	0,35
	Hutan	0,3
Lempung dan sejenisnya	Pertanian	0,50
	Padang rumput	0,45
	Hutan	0,40

(Sumber : Subarkah, 1980)

2.7. LIMBAH PEMUKIMAN

Debit Air Limbah Buangan adalah semua cairan yang dibuang, baik yang mengandung kotoran manusia maupun yang mengandung sisa-sisa proses industri.

Air Buangan dapat dibagi menjadi 4 golongan, yaitu :

1. Air Kotor : Air buangan yang berasal dari kloset, peturasan, bidet dan air buangan yang mengandung kotoran manusia yang berasal dari alat-alat plambing.
2. Air Bekas: Air buangan yang berasal dari alat-alat plambing lainnya seperti bak mandi, baik cuci tangan, bak dapur dan lain-lain.
3. Air Hujan: Air buangan yang berasal dari atap bangunan, halaman dan sebagainya.
4. Air Buangan Khusus: Air buangan yang mengandung gas, racun atau bahan-bahan berbahaya seperti berasal dari pabrik, air buangan laboratorium, tempat pengobatan, tempat pemeriksaan di rumah sakit, rumah pemotongan hewan, air buangan yang bersifat radioaktif yang dibuang dari pusat Listrik Tenaga Nuklir.

Debit air limbah rumah tangga didapat dari 60% - 70% suplai air bersih setiap orang, diambil debit limbah rumah tangga 70% dan sisanya dipakai pada proses industri, penyiraman kebun-kebun dal lain-lain.

Besarnya air limbah buangan dipengaruhi oleh :

1. Asumsi jumlah orang setiap rumah 6 orang
2. Asumsi kebutuhan air bersih rata-rata tiap orang untuk perumahan 100 – 200 l/orang/hari = 150 l/org/hari

3. Asumsi kebutuhan air bersih rata-rata tiap orang untuk sarana ibadah (masjid) = 20 l/orang/hari
4. Faktor puncak (Fp) diperoleh berdasarkan jumlah penduduk.

Air limbah rumah tangga didapat berdasarkan kebutuhan air bersih dan diambil 70%, sisanya dipakai pada proses industri, penyiraman kebun, dan lain-lain.

Q rata-rata = (70% x Konsumsi Air Bersih/orang x Jumlah Penduduk x Fp) liter/hari

$$Q_{\text{air kotor}} = \frac{Q_{\text{air kotor Liter/detik}}}{1000 \frac{\text{m}^3}{\text{liter}} \times (24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ detik}) \frac{\text{detik}}{\text{hari}}} (\text{m}^3/\text{detik}) \dots \dots \dots (2.28)$$

Tabel 2. 10 Nilai faktor puncak untuk beberapa kategori kota

NO	KATEGORI KOTA	JUMLAH PENDUDUK	FAKTOR PUNCAK
1	metro	> 1.000.000	1,5
2	besar	500.000 - 1.000.000	1,5
3	sedang	100.000-500.000	1,5
4	kecil	20.000-100.000	1,5
5	desa	<20.000	1,5

Sumber : DPU Cipta karya, 1998

Tabel 2. 11 Standar Kebutuhan Air Minum

no	jenis pemakaian	kebutuhan
1	sambungan rumah	150L/org/hari
2	hidran umum	30L/org/hari
3	sekolah	10L/murid/hari
4	kantor	10L/pegawai/hari
5	rumah sakit	200L/tt/hari
6	puskesmas	2000L/unit/hari
7	pasar	12m3/hektar/hari
8	restoran	100L/kursi/hari
9	hotel/penginapan	150L/tt/hari

Sumber : PU Cipta Karya, 1998

2.8. KAPASITAS SALURAN

Pada tahap awal analisa diasumsikan bahwa yang terjadi adalah aliran seragam. Analisa untuk menghitung kapasitas saluran, dipergunakan persamaan kontinuitas dan rumus Manning, yaitu:

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (2.29)$$

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana:

Q : Debit / Debit Saluran (m^3/det)

A : Luas Penampang Basah Saluran (m^2)

V : Kecepatan Rata-Rata (m/det)

N : Koefisien Kekasaran Saluran

R : Jari – Jari Hidrolis (m)

S : Kemiringan Memanjang Saluran

P : Keliling Basah Saluran (m)

2.8.1 Kecepatan Pengaliran

Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar kontruksi saluran tetap aman.

1. Persamaan Manning :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

V : Kecepatan Aliran

n : Koefisien Kekasaran Manning

R : Jari-Jari Hidrolis

S : Kemiringan Memanjang Saluran

Untuk desain dimensi saluran tanpa perkerasan, dipakai harga n Manning normal atau maksimum, sedangkan harga n Manning minimum hanya dipakai untuk pengecekan bagian saluran yang mudah terkena gerusan. Harga n Manning tergantung hanya pada kekasaran sisi dan dasar saluran.

2. Kemiringan Talud

Kecepatan maksimum ditentukan oleh kakasaran dinding dan dasar saluran. Untuk saluran tanah $V = 0,7$ m/det, pasangan batu kali $V = 2$ m/det dan pasangan beton $V = 3$ m/det. Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan paling

rendah yang akan mencegah pengendapan dan tidak menyebabkan berkembangnya tanaman-tanaman air. Kecepatan maksimum dan minimum saluran juga ditentukan oleh kemiringan talud saluran (*Permen PU No. 12/PRT/M/2014*)

3. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran atau muka tanah. Tinggi jagaan harus diperhitungkan untuk mencegah meluapnya air ke tepi saluran.

Tabel 2. 12 Tinggi Jagaan untuk Saluran Pasangan

Debit (m ³ /det)	F (m)
< 0,5	0,20
0.5 – 1.5	0,20
1.5 – 5.0	0,25
5.0 – 10.0	0,30
10.0 – 15.0	0,40
> 15.0	0,50

Sumber :(*Standar Perencanaan Irigasi, KP-04 Bagian Bangunan, Ditjen Pengairan, 1986*)

2.9 Perhitungan Dimensi Saluran

1. Bentuk Saluran yang Paling Ekonomis

A. Penampang Berbentuk Persegi yang Paling Ekonomis

Jika B adalah lebar dasar saluran dan h adalah kedalaman air (Gambar 2.13), luas penampang basah, A, dan keliling basah, P, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = B \times h \dots \dots \dots (2.33)$$

$$P = B + 2h \dots \dots \dots (2.34)$$

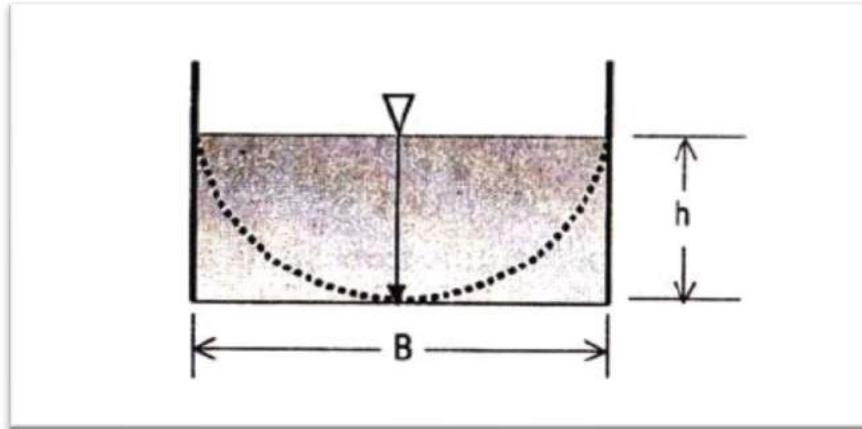
$$B = 2h \text{ atau } h = \frac{B}{2} \dots \dots \dots (2.35)$$

Jari-jari hidraulik R:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{B \times h}{B + 2h} \dots \dots \dots (2.36)$$

Bentuk penampang melintang persegi yang paling ekonomis adalah jika:

$$h = \frac{B}{2} \text{ atau } R = \frac{h}{2} \dots\dots\dots(2.37)$$



Gambar 2. 13 Penampang Persegi Panjang
Sumber: *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan* (2003: 121)

B. Penampang Berbentuk Trapesium yang Paling Ekonomis

Saluran dengan penampang melintang bentuk trapesium dengan lebar dasar kedalaman aliran h , dan kemiringan dinding 1: m (Gambar 2.14), luas penampang melintang A dan keliling basah P , dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A = (B + mh)h \dots\dots\dots(2.38)$$

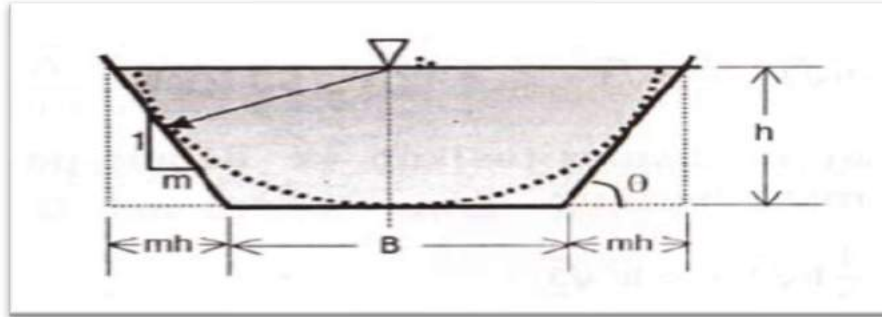
$$P = B + 2h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$P = B - 2h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(2.40)$$

Atau

$$B = \frac{2}{3}h\sqrt{3} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$A = h^2\sqrt{3} \dots\dots\dots(2.42)$$



Gambar 2. 14 Penampang trapesium

Sumber: *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan* (2003: 121)

Penampang trapesium yang paling efisien adalah jika:

$$m = (1/\sqrt{3}), \text{ atau } = 60 \dots \dots \dots (2.43)$$

Tabel 2. 13 Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran

Penampang	Luas A	Keliling basah O	Jari-jari hidrolis R	Lebar puncak T	Kedalaman hidrolis D	Faktor penampang Z
Perseg Panjang	Bh	B + 2h	$\frac{Bh}{B + 2h}$	B	h	$Bh^{1.5}$
Trapezium	$(B + zh)h$	$B + 2h\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(B + zh)h}{B + 2h\sqrt{1 + z^2}}$	$B + 2zh$	$\frac{(B + zh)h}{B + 2h\sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{[(B + zh)h]^{1.5}}{\sqrt{B + 2zh}}$
Segi tiga	zh^2	$2h\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zh}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zh$	$\frac{1}{2}h$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zh^{2.5}$
Lingkaran	$\frac{1}{2}(B - \sin \theta) d_o^2$	$\frac{1}{2} \theta d_o$	$\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right) d_o$	$\frac{(\sin \frac{1}{2} \theta) d_o}{2 \sqrt{h(d_o - h)}}$	$\frac{1}{6} \left(\frac{B - \sin \theta}{\sin \frac{1}{2} \theta}\right) d_o$	$\frac{\sqrt{2} (B - \sin \theta)^{1.5}}{32 (\sin \frac{1}{2} \theta)^{0.5}} d_o^{2.5}$
Parabola	$\frac{1}{2}Th$	$T + \frac{8}{3}h^{2/3}$	$\frac{2T^2h^{1/3}}{3T^2 + 8h^{2/3}}$	$\frac{3}{2}h$	$\frac{2}{3}h$	$\frac{2}{3} \sqrt{6} Th^{1.5}$
Penampang segit. beraturan	$\left(\frac{B}{3} - 2\right)r^2 + (B + 2r)h$	$(B - 2)r + B + 2h$	$\frac{\left(\frac{B}{3} - 2\right)r^2 + (B + 2r)h}{(B - 2)r + B + 2h}$	$B + 2r$	$\frac{\left(\frac{B}{3} - 2\right)r^2}{B + 2r} + h$	$\frac{\left[\left(\frac{B}{3} - 2\right)r^2 + (B + 2r)h\right]^{1.5}}{\sqrt{B + 2r}}$
Segi tiga dalam	$\frac{1}{2} \left[\frac{r^2}{4} - \frac{r^2}{2} (1 - \cos \theta) \right]$	$\frac{1}{2} \sqrt{1 + z^2} - \frac{r}{2} (1 - \cos \theta)$	$\frac{A}{O}$	$2[r(h - r) + r\sqrt{1 + z^2}]$	$\frac{r}{2}$	$A \sqrt{\frac{r}{2}}$

Sumber: *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan* (2003: 121)

Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada debit harus ditampung oleh saluran (Q_s dalam m³/det) lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana (Q_T dalam m³/det). Kondisi demikian dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$Q_s \geq Q_T \dots \dots \dots (2.44)$$

Debit yang mampu ditampung oleh saluran (Q_s) dapat diperoleh dengan rumus seperti di bawah ini:

$$Q_s = A_s \times V \dots \dots \dots (2.45)$$

Dimana:

As : Luas Penampang Saluran (m²)

V : Kecepatan Rata – Rata Aliran Di Dalam Saluran (m/det)

Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran dapat dihitung dengan menggunakan rumus Manning sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.46)$$

$$R = \frac{As}{P} \dots \dots \dots (2.47)$$

Dimana:

V: Kecepatan Rata-Rata Aliran Di Dalam Saluran (m/det)

n: Koefisien Kekasaran Manning (Tabel 2.9)

R: Jari-jari hidrolis (m)

S: Kemiringan Dasar Saluran

As: Luas Penampang Saluran (m²)

P: Keliling Basah Saluran (m)

Nilai koefisien kekasaran Manning n, untuk gorong-gorong dan saluran pasangan dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Koefisien Kekasaran Manning

Tipe Saluran	Koefisien Manning (n)
Baja	0,011 – 0,014
Baja permukaan Gelombang	0,021 – 0,030
Semen	0,010 – 0,013
Beton	0,011 – 0,015
Pasangan batu	0,017 – 0,030
Kayu	0,010 – 0,014
Bata	0,011 – 0,015
aspal	0,013

Sumber: (Wesli, 2008, *Drainase Perkotaan* : 97)

Nilai kemiringan dinding saluran diperoleh berdasarkan bahan saluran yang digunakan. Nilai kemiringan dinding saluran dapat dilihat pada Tabel 2.15

Tabel 2. 15 kecepatan aliran air yang diijinkan berdasarkan material

Bahan Saluran	Kecepatan Aliran Air yang diizinkan (m/det)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Kerikil halus	0,60
Kerikil kasar	1,20
Batu batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton bertulang	1,50

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga Pembinaan Jalan Kota

2.10. Bangunan Pelengkap

1. Gorong-gorong

Gorong-gorong adalah saluran tertutup yang digunakan untuk mengalirkan air melewati jalan raya, rel kereta api, atau timbunan lainnya. Gorong-gorong biasanya dibuat dari beton, alumunium gelombang, baja gelombang dan lainnya. Penampang gorong-gorong berbentuk bulat, persegi, oval, tapal kuda, dan segitiga.



Gambar 2. 15 Bentuk gorong-gorong

a) Penampang Gorong-gorong

h diperoleh dari dimensi saluran

$$A = \frac{Q}{V_{gorong}^2} \dots\dots\dots(2.48)$$

$$A = B \times h \dots\dots\dots(2.49)$$

b) Keliling Basah

$$P = \pi \times D \dots\dots\dots(2.50)$$

c) Jari – Jari Hidrolis

$$R = A / P \dots\dots\dots(2.51)$$

2. Kolam Retensi

Kolam retensi berfungsi untuk menampung dan meresapkan air hujan, air limbah buangan masyarakat di suatu wilayah. Pembuatan kolam retensi ini merupakan salah satu upaya penanggulangan banjir yang berwawasan lingkungan. Kolam retensi yang di rencanakan harus memiliki kapasitas tamping lebih dari kapasitas debit rencana. Kolam retensi bertipe *storage* dengan rumus sebagai berikut:

Rumus:

$$\text{Volume Tampung Kolam} = P \times L \times T \dots\dots\dots(2.52)$$