

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir

Banjir sudah menjadi kata yang sering didengar saat musim penghujan tiba. Banyak definisi tentang pengertian banjir, salah satu definisi banjir adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya (Suripin, 2004). Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat pula menimbulkan korban jiwa. Dikatakan banjir apabila terjadi luapan air yang disebabkan kurangnya kapasitas penampang saluran. Banjir di bagian hulu biasanya arus banjirnya deras, daya gerusnya besar, tetapi durasinya pendek. Sedangkan di bagian hilir arusnya tidak deras (karena landai), tetapi durasi banjirnya panjang.

Persoalan banjir dapat ditimbulkan oleh dua sebab, yang pertama sebagai akibat tindakan/ aktivitas manusia, dan yang kedua akibat keadaan dan peristiwa alam tanpa campur tangan manusia. Pada perkotaan, akar dari permasalahan banjir berawal dari penambahan penduduk yang sangat cepat, penambahan tersebut tidak diimbangi dengan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan yang memadai mengakibatkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi acak-acakan, pemanfaatan lahan yang tidak tertib inilah yang menyebabkan persoalan drainase di perkotaan menjadi sangat kompleks. Hal ini barangkali juga disebabkan oleh tingkat kesadaran masyarakat yang masih rendah dan masih acuh tak acuh terhadap penting dan perlunya memecahkan permasalahan yang dihadapi kota. Beberapa penyebab banjir di daerah perkotaan antara lain:

- a) Penampang saluran yang kurang memadai,
- b) Pendangkalan saluran akibat sampah atau sedimentasi,
- c) Belum adanya suatu sistem drainase,
- d) Peningkatan koefisien limpasan akibat perubahan tata guna lahan,
- e) Pembangunan jalan atau kawasan pemukiman baru yang tidak diikuti dengan perencanaan dan pembuatan saluran drainase.

2.2 Sistem Jaringan Saluran 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). Menurut Suripin (2004) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi atas 2 bagian, yaitu :

1. Sistem Drainase Makro

Sistem drainase makro yaitu sistem saluran/badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Pada umumnya sistem drainase makro 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 atau sungai-sungai. Perencanaan drainase makro ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5 sampai 10 tahun dan pengukuran topografi yang detail mutlak 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 hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar. Pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro.

2.2.1 Sistem dan Sub sistem drainase Kota Denpasar

Kota Denpasar memiliki 3 (tiga) sungai utama yang digunakan sebagai saluran utama (prioritas) pembuangan yaitu Tukad Ayung, Tukad Badung dan Tukad Mati, dan dua sistem pembuangan melalui Jaringan Irigasi. Berdasarkan hasil kajian Studi Masterplan Drainase (2002), atas dasar kondisi existing saluran drainase yang ada, maka ke kelima sistem Jaringan Drainase yang ada masih layak untuk dipertahankan yaitu :

1. Sistem I

Yaitu sistem Tukad Badung dengan Saluran Induk Tukad Badung, batas-batas sistem ini adalah sebelah Utara adalah Batas Kota Denpasar, sebelah Selatan Tukad Klandis dan Pantai Suwung, sebelah Timur Jl. Nangka dan Tukad Klandis, sebelah Barat jl. Cokroaminoito dan Jl. Imam Bonjol. Sistem I (Tukad Badung) ini terdiri dari beberapa sub sistem yaitu :

- a. Sub Sistem Tukad Klandis, dengan daerah layanan meliputi Desa Sumerta Kaja, Kelurahan Dangin Puri Kangin, Kelurahan Dangin Puri Kauh, Kelurahan. Dangin Puri Kaja.
- b. Sub Sistem Tukad Jurang, dengan daerah layanan meliputi Kelurahan Peguyangan (sebelah Barat Jalan Ahmad Yani), Desa Ubung Kaja, Kelurahan Dangin Puri Kaja, Desa Pemecutan. Kaja
- c. Sub Sistem, Tukad Medih, dengan daerah layanan meliputi Desa Peguyangan Kaja, Kelurahan Peguyangan, Kelurahan Tonja, Kelurahan Dangin Puri kaja, Jalan Gatot Subroto dan Sekitarnya
- d. Sub Sistem Tukad Badung Hilir, dengan daerah layanan meliputi Desa Pemecutan, Desa Pemecutan Kelod, Desa Pemogan, Desa. Dauh Puri Kelod, Desa Dauh Puri.

2. Sistem II

Adalah sistem Tukad Ayung dengan saluran induk Tukad Ayung, Batas sistem ini adalah sebelah Utara batas Kota Denpasar, sebelah Selatan Kampus Warmadewa, sebelah Timur Pantai Padanggalak dan sebelah Barat adalah Desa Kesiman. Sistem II (Tukad Ayung) ini terdiri dari beberapa sub sistem seperti :

- a. Sub Sistem Tukad Pangengeh, dengan daerah layanan meliputi Desa Penatih Dangin Puri, Kelurahan Penatih, Desa Peguyangan Kaja.
- b. Sub Sistem Tukad Ayung Hulu, dengan daerah layanan meliputi Desa Peguyangan Kaja, Kelurahan Peguyangan, Desa Peguyangan Kangin, Desa Penatih.
- c. Sub Sistem Tukad Ayung hilir, dengan daerah layanan meliputi Kelurahan Tonja, Desa Kesiman Petilan, Desa Sanur Kaja.
- d. Sub Sistem Tukad Abianbase, dengan daerah layanan meliputi Desa Kesiman Petilan, Kelurahan Kesiman.

3. Sistem III

Adalah Sistem Tukad Mati dengan Saluran induk Tukad Mati dengan Sub Sistem Tukad Teba, Tukad Mati Hulu dan Tukad Mati Hilir. Batas Sistem ini adalah sebelah Utara Jalan Cokroaminoto, sebelah Selatan Pantai Suwung, sebelah Timur Jalan Cokroaminoto dan Jalan Imam Bonjol, sebelah Barat adalah batas Kota Denpasar. Sistem III Tukad Mati terdiri dari :

- a. Sub Sistem Tukad Teba dengan daerah layanan Kawasan perumahan Monang Maning dan sekitarnya, Kelurahan pemecutan, Desa Ubung.
- b. Sub Sistem Saluran Tukad Padang Sambian, dengan daerah layanan Desa Padang Sambian dan sekitarnya.
- c. Sub Sistem Saluran Jalan Imam Bonjol, dengan daerah layanan Jalan Imam Bonjol dan sekitarnya.
- d. Sub Sistem Saluran Padang Sambian Kelod yang melayani daerah Padang Sambian Kelod dan sekitarnya.

4. Sistem IV

Adalah Sistem Niti Mandala–Suwung dan sekitarnya, batas-batas sistem ini adalah sebelah Utara Tukad Klandis, sebelah Selatan Pantai Suwung, sebelah Timur Sanur dan sebelah Barat Tukad Pekaseh. Sistem ini terdiri dari beberapa Sub Sistem yang masing-masing berdiri sendiri yaitu

- a. Sub Sistem Pekaseh, yang melayani Daerah Sanglah dan sekitarnya, Kelurahan Pedungan, Kelurahan Sesetan.
- b. Sub Sistem Tukad Rangda (Tukad Buaji), dengan daerah layanan Kelurahan Sesetan, Kelurahan Sidakarya, Kawasan Pegok dan sekitarnya, Desa Sidakarya, Kelurahan Panjer dan sebagian kawasan Renon melalui anak sungainya yaitu Tukad Panjer.
- c. Sub Sistem Tukad Punggawa, dengan daerah layanan meliputi Kelurahan Sidakarya, kelurahan Panjer, Kelurahan Renon
- d. Sub Sistem Ngenjung, dengan daerah layanan Kelurahan Sidakarya, Kelurahan Sumerta Kelod, Kelurahan Renon.
- e. Sub Sistem Tukad Loloan, dengan daerah layanan Desa Sidakarya, Desa Sanur Kauh, Kelurahan Kesiman, Desa Sanur Kaja, Desa Kesiman Petilan.

5. Sistem V

Adalah Sistem Pemogan dengan batas Utara Jl. Teuku Umar, sebelah Selatan Jl. Pantai Suwung, sebelah Timur Tukad Pekaseh dan sebelah Barat Tukad Badung. Sistem ini dibuat dengan memanfaatkan Sistem jaringan irigasi yang telah ada, terdiri dari tiga bagian yaitu Saluran Pemogan Barat, Saluran Pemogan Tengah dan Saluran Pemogan Timur. Dalam Sistem ini tidak ada sungai yang jelas sebagaimana saluran utama sistem drainase.

2.2.2 Jenis-Jenis Saluran Drainase

Menurut Subarkah (1990), saluran drainase juga dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Saluran Drainase Utama / Primer

Saluran yang berfungsi sebagai pembuangan utama / primer adalah sungai / tukad yang ada di wilayah perencanaan yang cukup berpotensi untuk menampung dan mengalirkan air buangan dari saluran sekunder serta limpasan permukaan yang ada pada daerah tangkapan sungai tersebut.

2. Saluran Drainase Sekunder

Fungsi dari saluran sekunder adalah untuk menampung air drainase tersier serta limpasan air permukaan yang ada untuk diteruskan ke drainase utama (sungai). Berdasarkan konstruksi saluran drainase dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :

- a) Saluran terbuka, dibuat pada daerah dimana masih cukup tersedia lahan serta bukan merupakan daerah yang sibuk (pertokoan, pasar, dan sebagainya)
- b) Saluran tertutup, biasanya dijumpai pada tempat-tempat yang sering dilalui untuk pejalan kaki, karena saluran yang tertutup juga berfungsi sebagai trotoar jalan, selain itu dapat dipertimbangkan pemakaiannya ditempat – tempat yang produksi sampahnya melebihi rata – rata, seperti : pasar, terminal, pertokoan, dan pada daerah yang lalu lintasnya padat.

3. Saluran Drainase Tersier

Fungsi saluran tersier adalah untuk meneruskan pengaliran air buangan maupun air limpasan permukaan menuju ke pembuangan sekunder. Data mengenai kondisi saluran tersier tidak begitu banyak diperlukan dalam perencanaan sistem pembuangan air hujan. Banjir yang terjadi pada saluran tersier bersifat setempat, sedangkan banjir pada saluran sekunder dan saluran pembuangan utama akan membawa dampak yang luas bagi kehidupan masyarakat baik yang menyangkut sosial, ekonomi, maupun kesehatan.

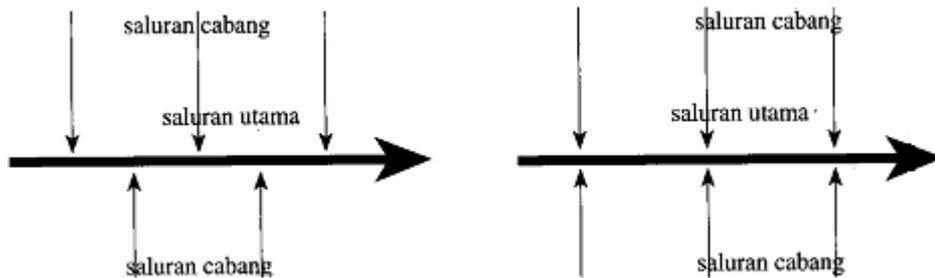
Selain itu sistem drainase juga bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dasar drainase bagi kawasan hunian dan kota serta menunjang kebutuhan pembangunan dalam menunjang terciptanya skenario pengembangan kota untuk kawasan andalan dan menunjang sektor unggulan yang berpedoman pada Rencana Umum Tata Ruang Kota.

2.2.3 Pola Aliran Saluran Drainase

Saluran Drainase memiliki beberapa pola aliran yaitu : (e-book, s.n, 1997)

a. Siku

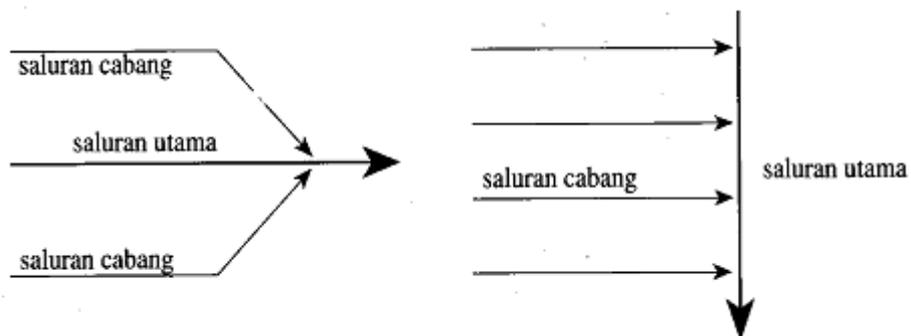
dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi daripada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah.



Gambar 2.1 Pola Aliran Siku

b. Pararel

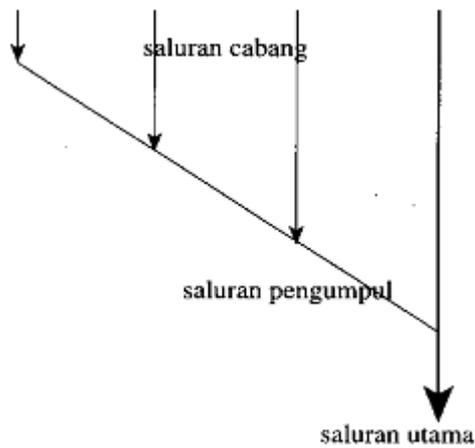
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek. apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2.2 Pola Aliran Pararel

c. Grid Iron

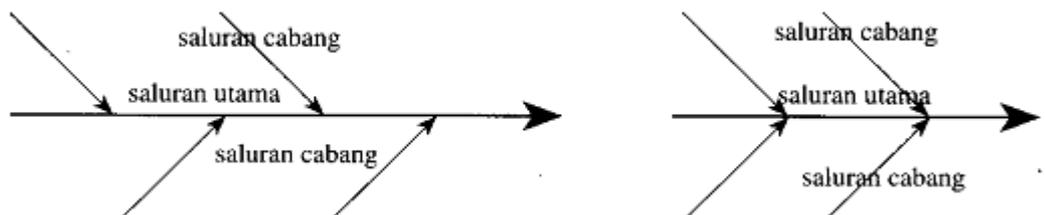
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.3 Pola Aliran Grid Iron

d. Alamiah

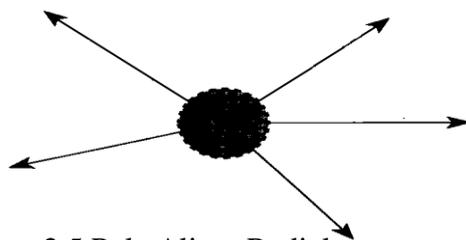
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.4 Pola Aliran Alamiah

e. Radial

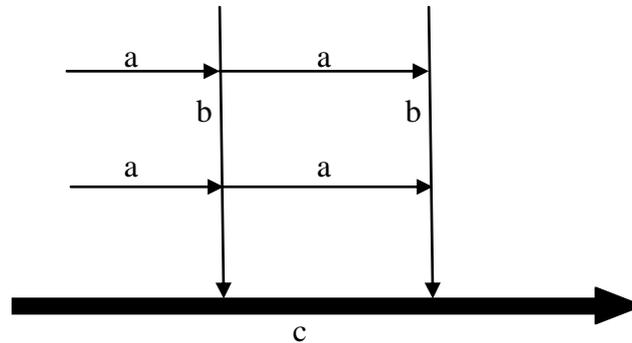
pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.5 Pola Aliran Radial

f. Jaringan-jaring

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



Gambar 2.6 Pola Aliran Jaringan-jaring

dimana:

- a. saluran tersier
- b. saluran sekunder
- c. saluran primer

Pada Jalan Gunung Rinjani dan Jalan Subur merupakan Sub DAS dengan Pola Aliran Jaringan-jaring.

2.3 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Analisis hidrologi merupakan bidang yang sangat rumit dan kompleks. Hal ini disebabkan oleh ketidakpastian siklus hidrologi, rekaman data dan kualitas data. Karena hujan adalah kejadian yang tidak dapat diprediksi secara pasti seberapa besar hujan yang akan terjadi pada suatu periode waktu, maka diperlukan analisis hidrologi (Bambang Triatmojo, 2003).

2.3.1 Hujan Rencana

Banjir rencana harus ditentukan berdasarkan curah hujan, dengan menetapkan curah hujan rencana. Untuk perencanaan gorong-gorong, jembatan, bendung, dan sebagainya di dalam sungai, yang diperlukan ialah besarnya puncak banjir yang harus disalurkan melalui bangunan tersebut. Jadi sebagai hujan rencana kita tetapkan curah hujan dengan masa ulang tertentu (Subarkah, 1990).

2.3.2 Data Hujan

Jumlah hujan yang terjadi dalam suatu DAS merupakan besaran yang sangat penting dalam system DAS tersebut, karena hujan merupakan masukan utama ke dalam suatu DAS. Maka pengukuran hujan harus dilakukan dengan secermat mungkin. Dalam menganalisis hujan, pada umumnya tidak hanya diperlukan data hujan kumulatif harian saja, akan tetapi juga diperlukan data hujan jam-jaman, atau bahkan lebih rendah lagi. Untuk memperoleh data-data atau perkiraan besaran hujan yang baik terjadi dalam suatu DAS, maka diperlukan sejumlah stasiun hujan.

Data-data hujan yang telah dikumpulkan oleh stasiun-stasiun hujan haruslah merupakan data yang mengandung kesalahan yang sekecil mungkin, agar hasil analisis nantinya tidak diragukan sebagai acuan dalam perencanaan dan perancangan.

2.3.3 Uji Konsistensi

Satu seri data hujan untuk satu stasiun tertentu, dimungkinkan sifatnya tidak pangah (*inconsistent*). Data semacam ini tidak langsung dapat digunakan dalam analisis, karena data di dalamnya berasal dari populasi yang berbeda, ketidakpangahan data dapat saja terjadi karena beberapa penyebab, yaitu :

- a) Alat ukur yang diganti dengan spesifikasi yang berbeda atau alat dipasang dengan patokan yang berbeda.
- b) Alat ukur dipindahkan dari tempat semula, akan tetapi secara administrative nama stasiun tidak diubah

c) Lingkungan di sekitar alat berubah, misalnya semula dipasang pada tempat yang ideal kemudian berubah karena adanya bangunan dan pohon besar yang terlalu dekat dengan penempatan alat.

Metode yang digunakan untuk pengujian data yaitu metode RAPS (*Rescaled Adjusted partial Sums*) yaitu pengujian dengan menggunakan data hujan tahunan rata-rata dari stasiun yang sudah ditetapkan dengan melakukan pengujian kumulatif penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya. Persamaannya adalah sebagai berikut: (Sri Harto,1993)

$$S_0^* = 0 \tag{2.1}$$

$$S_k^* = 0 \sum_{i=1}^k (Y_i - Y)^2, \text{ dengan } k = 1, \dots, n \tag{2.2}$$

$$Dy^2 = \frac{\sum (Y_i - Y)^2}{n} \tag{2.3}$$

$$S_k^{**} = S_k^*/Dy, \text{ dengan } k = 0, 1, \dots, n \tag{2.4}$$

$$\text{Nilai statistik } Q \rightarrow Q = \max |S_k^{**}|, \text{ dimana } 0 \leq k \leq n \tag{2.5}$$

Nilai Statistik R (Range)

$$R = S_k^{**} \text{ max} - S_k^{**} \text{ min}, \text{ dimana } 0 \leq k \leq n \tag{2.6}$$

Tabel 2.1 Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}

n	Q/ \sqrt{n}			R/ \sqrt{n}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,6
30	1,12	1,24	1,46	1,4	1,5	1,7
40	1,13	1,26	1,5	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,5	1,62	1,86
	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2

Sumber : Sri Harto, 1993

2.3.4 Penentuan Hujan Kawasan

Stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus dipekirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun tidak sama. Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu metode rerata aritmatik, metode poligon Thiessen, dan metode Isohiet (Suripin, 2004).

2.3.4.1 Metode rata-rata aljabar

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga masih bisa diperhitungkan.

Metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila:

- Stasiun tersebar secara merata di DAS
- Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS

Hujan rerata pada seluruh DAS diberikan oleh bentuk berikut:

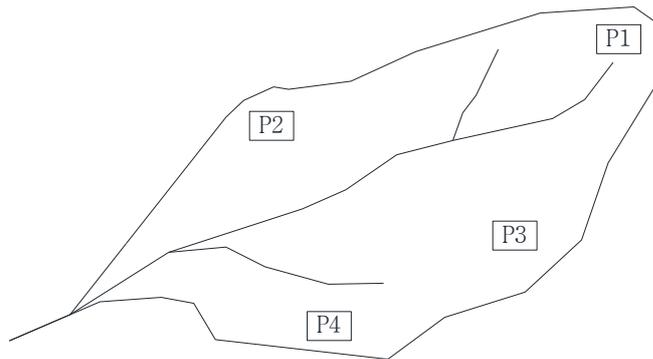
$$p = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (2.7)$$

dengan

p = hujan rerata kawasan

p_1, p_2, \dots, p_n = hujan di stasiun 1, 2, ..., n

n = jumlah stasiun



Gambar 2.7 Mengukur Tinggi Curah Hujan Metode Aljabar (Gambar DAS)

2.3.4.2 Metode Polygon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari setiap stasiun. Perhitungan poligon Thiessen adalah sebagai berikut:

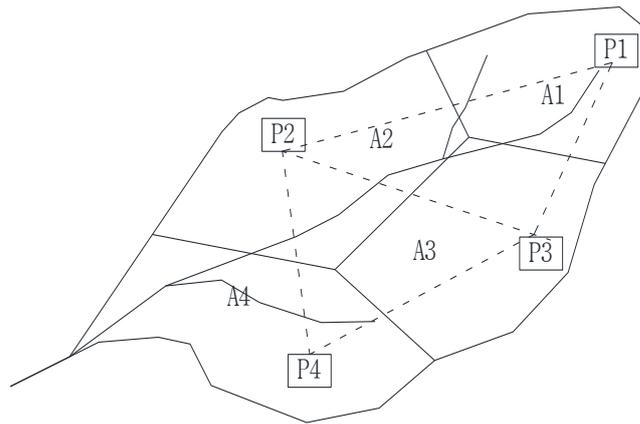
$$p = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.8)$$

dengan

p = hujan rerata kawasan

p_1, p_2, \dots, p_n = hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n

A_1, A_2, \dots, n = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n



Gambar 2.8 Mengukur Tinggi Curah Hujan Metode Polygon Thiessen (Gambar DAS)

2.3.4.3 Metode Isohiet

Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohiet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah diantara dua garis isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut. Secara matematis hujan rerata tersebut dapat ditulis :

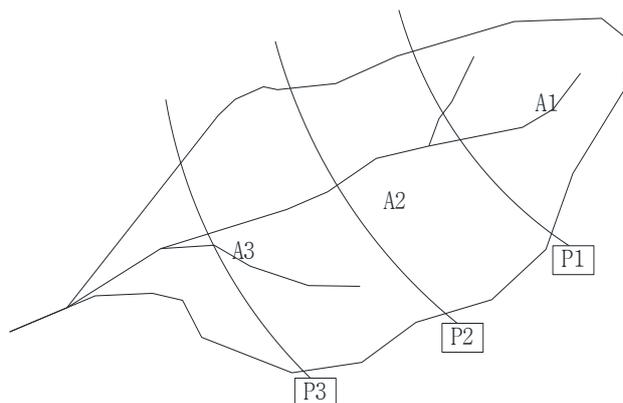
$$p = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.9)$$

dengan

p = hujan rerata kawasan

P_1, P_2, \dots, P_n = garis isohiet ke 1, 2, 3, ..., n, n+1

A_1, A_2, \dots, A_3 = luas daerah yang dibatasi oleh garis isohiet ke 1 dan 2, 2 dan 3, ..., n dan n+1



Gambar 2.9 Mengukur Tinggi Curah Hujan Metode Isohiet

2.3.5 Penentuan Distribusi Frekuensi

Penentuan jenis distribusi frekuensi diperlukan untuk mengetahui suatu rangkaian data cocok untuk suatu sebaran tertentu dan tidak cocok untuk sebaran lain. Untuk mengetahui kecocokan terhadap suatu jenis sebaran tertentu, perlu dikaji terlebih dahulu ketentuan-ketentuan yang ada, yaitu :

1. Menghitung parameter-parameter statistik C_s dan C_k , untuk menentukan macam analisis frekuensi yang dipakai.
2. Koefisien kepencengan/*skewness* (C_s) dihitung dengan persamaan :

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \quad (2.10)$$

3. Koefisien kepuncakan/*curtosis* (C_k) dihitung dengan persamaan :

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \quad (2.11)$$

4. Koefisien variansi (C_v)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.12)$$

Dimana :

n = jumlah data

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

S = standar deviasi (simpangan baku) sampel

X = data hujan (mm)

Tabel 2.2 Persyaratan Pemilihan Jenis Distribusi / Sebaran Frekuensi

No	Sebaran	Syarat
1.	Normal	Cs = 0
2.	Log Normal	Cs = 3 Cv
3.	Gumbel	Cs = 1,1396 Ck = 5,4002
4.	Bila tidak ada yang memenuhi syarat digunakan sebaran Log Person Type III	

Sumber : Sri Harto, 1993

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi dan yang banyak digunakan dalam hidrologi yaitu Distribusi Normal, Log Normal, Log Person Tipe III, dan Gumbel.

2.3.5.1 Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (PDF = *Probability Density Function*) yang paling dikenal adalah bentuk bell dan dikenal sebagai distribusi normal. PDF distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya sebagai berikut:

$$X_T = \mu + K_T \sigma \text{ (populasi)} \quad (2.13)$$

Yang dapat didekati dengan

$$X_T = \bar{X} + K_T S \text{ (sample)} \quad (2.14)$$

Dimana

$$X_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \quad (2.15)$$

Dimana:

X_T = Hujan Rencana (perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan)

\bar{X} = nilai rata-rata hitung variat

S = deviasi standar nilai variat

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Karakteristik atau cirri khusus dari Distribusi Normal adalah : (Sri Harto,1993)

- a. Koefisien asimetrisnya/ skewness (Cv) hampir sama dengan nol
- b. Koefisien kurtosis (Ck) = 3.

2.3.5.2 Distribusi Log Normal

Metode distribusi Log Normal dapat dapat dinyatakan dengan persamaan

:

$$Y_T = \mu + K_T \sigma \quad (\text{populasi}) \quad (2.16)$$

Yang dapat didekati dengan

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (\text{sample}) \quad (2.17)$$

$$Y_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.18)$$

Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

Y = nilai rata-rata hitung variat

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Karakteristik atau cirri khusus Distribusi Log Normal adalah nilai *skewness* (Cs) kira-kira sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi (Cv). (Suripin, 2004)

2.3.5.3 Distribusi Log-Person Tipe III

Tiga parameter penting dalam metode distribusi log-Person III: harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person III.

- a) Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X = \log X$
- b) Hitung harga rata-rata :

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n} \quad (2.19)$$

- c) Hitung harga simpangan baku :

$$s = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (2.20)$$

- d) Hitung koefisien kemencengan :

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log Xi - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.21)$$

- e) Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus :

$$\log X_T = \log \bar{X} + K.s \quad (2.22)$$

Untuk menghitung Distribusi Log-Person type III, data statistiknya tidak mendekati ciri khas ketiga distribusi sebelumnya. (Sri Harto, 1993)

Untuk mengetahui kecocokan terhadap suatu jenis sebaran tertentu, perlu dikaji lebih dahulu ketentuan-ketentuan yang ada, yaitu:

- i. Menghitung parameter-parameter statistic Cs dan Ck, untuk menentukan macam analisis frekuensi yang dipakai.
- ii. Koefisien kepencengan/ *skewness* (Cs) dihitung dengan persamaan :

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.23)$$

iii. Koefisien kepuncakan/ *curtosis* (Ck) dihitung dengan persamaan:

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (2.24)$$

iv. Koefisien variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.25)$$

Dimana :

n = jumlah data

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

S = simpangan baku (standar deviasi)

X = data hujan (mm)

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi dan yang banyak digunakan dalam hidrologi yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi gumbel, dan Distribusi Log-Person III. Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi yang sudah dikonversi ke dalam bentuk logaritmis, ternyata kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk menjustifikasi pemakaian diistribusi Log Normal. Person telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi empiris dan masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya. (Suripin,2004)

2.3.5.4 Distribusi Gumbel

Metode E.J. Gumbel dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + s.K \quad (2.26)$$

Dengan:

X_{Tr} = variat yang ekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan
rancangan untuk periode ulang T-tahun

\bar{X} = harga rata-rata dari data

s = standar deviasi

K = faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang (*return
periode*) dan tipe distribusi frekuensi

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} \quad (2.27)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.28)$$

Untuk menghitung faktor frekuensi E.J. Gumbel digunakan rumus :

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{Sn} \quad (2.29)$$

Dimana:

Y_{Tr} = *reduce variate* sebagai puncak periode ulang T-tahun

Y_n = *reduce mean* sebagai fungsi dari banyak data n

Sn = *reduce standard deviation* sebagai fungsi dari banyaknya data

$$Y_{Tr} = -\ln\left\{-\ln\frac{Tr-1}{Tr}\right\} \quad (2.30)$$

Dengan mensubstitusi ketiga persamaan diatas diperoleh :

$$X_{Tr} = \bar{X} Y_{Tr} + \frac{(Y_{Tr} - Y_n)}{Sn} S \quad (2.31)$$

Atau

$$X_{Tr} = b + \frac{1}{a} Y_{Tr} \quad (2.32)$$

dimana

$$a = \frac{s}{Sn} \quad b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{Sn} \quad (2.33)$$

Persamaan diatas menjadi :

$$X_{Tr} = b + \frac{1}{a} Y_{Tr} \quad (2.34)$$

X_{Tr} = debit banjir dengan waktu balik Tr tahun

Karakteristik atau cirri khusus dari Distribusi Gumbel adalah : (Sri Harto, 1993)

- a. Nilai koefisien skewness (Cs) = 1,1396
- b. Koefisien kurtosis (Ck) = 5,4002

Tabel 2.3 Faktor Frekuensi untuk Nilai Ekstrim (K)

N	Kala Ulang (tahun)						
	10	20	25	50	75	100	1000
15	1.703	2.401	2.632	3.321	3.721	4.005	6.265
20	1.625	2.302	2.517	3.179	3.563	3.896	6.006
25	1.575	2.235	2.444	3.088	3.463	3.279	5.842
30	1.541	2.188	2.393	3.026	3.393	3.653	5.727
40	1.495	2.126	2.326	2.943	3.031	3.554	5.476
50	1.466	2.086	2.283	2.889	3.241	3.491	5.478
60	1.466	2.059	2.253	2.852	3.200	3.446	
70	1.430	2.038	2.230	2.824	3.169	3.413	5.359
75	1.432	2.029	2.220	2.812	3.155	3.400	
100	1.401	1.998	2.187	2.770	3.109	3.349	5.261

Sumber : Suripin,2004

Tabel 2.4 Simpangan Baku Tereduksi (Sn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05
20	1.06	1.06	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10
30	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12	1.13	1.13	1.13	1.13
40	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
50	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17
60	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
70	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19
80	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20
90	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
100	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

Sumber : Suripin,2004

Tabel 2.5 Rata-Rata Tereduksi (Yn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.495	0.499	0.503	0.507	0.510	0.512	0.515	0.518	0.520	0.522
20	0.532	0.525	0.526	0.528	0.529	0.530	0.532	0.533	0.534	0.532
30	0.536	0.537	0.538	0.538	0.539	0.540	0.541	0.541	0.542	0.543
40	0.543	0.544	0.544	0.545	0.545	0.546	0.546	0.547	0.547	0.548
50	0.548	0.549	0.549	0.549	0.550	0.550	0.550	0.551	0.551	0.551
60	0.552	0.552	0.552	0.553	0.553	0.553	0.553	0.554	0.554	0.554
70	0.554	0.555	0.555	0.555	0.555	0.558	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	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559
100	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560

Sumber : Suripin,200

Tabel 2.6 Reduced Variate (Yt)

Return Periode (Tr)	Reduce Variate (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : CD. Soemarto, 1986

2.3.6 Pengeplotan Data

Pengeplotan data merupakan nilai probabilitas yang dimiliki oleh masing-masing data yang diplot. Banyak metode yang telah dikembangkan untuk menentukan posisi pengeplotan yang sebagian besar dibuat secara empiris. Untuk keperluan penentuan posisi ini, data hidrologi (hujan atau banjir) yang telah ditabelkan diurutkan dari besar ke kecil (berdasarkan peringkat m), dimulai dengan $m=1$ untuk data dengan nilai tertinggi dan $m = n$ (n adalah jumlah data) untuk data dengan nilai terkecil. Periode ulang Tr dapat dihitung dengan persamaan Weibull, yaitu:

(Suripin, 2004)

$$Tr = \frac{n+1}{m} \quad (2.35)$$

Dengan :

m = nomor urut (peringkat) data setelah diurutkan dari besar ke kecil

n = banyak data atau jumlah kejadian (*event*)

2.3.7 Uji Distribusi Frekuensi

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

2.3.7.1 Uji Chi – kuadrat

Uji Chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , yang dapat dihitung dengan rumus berikut

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.36)$$

Dimana

X_h^2 = parameter chi-kuadrat terhitung

G = jumlah sub kelompok

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Prosedur yang digunakan dalam uji Chi kuadrat adalah sebagai berikut :

- 1) Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil atau sebaliknya
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub-grup yang masing-masing beranggotakan minimal 4 data pengamatan
- 3) Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub-grup
- 4) Jumlahkan data-data dari persamaan distribusi yang diigunakan sebesar E_i
- 5) Pada tiap sub-grup hitung nilai:

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.37)$$

- 6) Jumlah seluruh sub-grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai Chi-kuadrat hitung
- 7) Tentukan derajat kebebasan $dk = K - (\alpha + 1)$ (nilai $\alpha = 2$ untuk distribusi normal dan binominal).

Interpretasi hasil uji adalah sebagai berikut:

1. Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima,
2. Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima,
3. Apabila peluang berada diantara 1-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu tambahan data.

2.3.7.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut

$$X_1 = P(X_1),$$

$$X_2 = P(X_2),$$

$$X_3 = P(X_3), \text{ dan seterusnya.}$$
- 2) Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)

$$X_1 = P'(X_1),$$

$$X_2 = P'(X_2),$$

$$X_3 = P'(X_3), \text{ dan seterusnya.}$$
- 3) Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D \text{ maksimum} = (P(X_n) - P'(X_n)) \quad (2.38)$$
- 4) Berdasarkan table nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov test) tentukan harga D_0 dari tabel

Tabel 2.7 Nilai Kritis Do untuk uji smirnov-kolmogorov

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	0,30	0,34	0,40
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1.07}{N^{0.5}}$	$\frac{1.22}{N^{0.5}}$	$\frac{1.36}{N^{0.5}}$	$\frac{1.63}{N^{0.5}}$

Sumber: Suripin, 2004

2.3.8 Analisis 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.

2.3.8.1 Rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (2.39)$$

dimana

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

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

2.3.8.2 Rumus Talbot (1881)

Rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan dan tetapan-tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga yang terukur.

$$I = \frac{a}{t+b} \quad (2.40)$$

dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a dan b= konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi di DAS.

$$a = \frac{\sum.[I.t].\sum.[I^2] - \sum.[I^2.t].\sum.[I]}{N\sum.[I^2] - [\sum.I]^2} \quad (2.41)$$

$$b = \frac{\sum I.\sum.[I.t] - \sum.[I^2.t]}{N\sum.[I^2] - [\sum.I]^2} \quad (2.42)$$

2.3.8.3 Rumus Sherman (1905)

Rumus ini mungkin cocok untuk jangka waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam.

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (2.43)$$

dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

n= konstanta

$$\log a = \frac{\sum \log I.\sum[\log t]^2 - \sum[\log t.\log I]\sum \log t}{N\sum[\log t]^2 - [\sum \log t]^2} \quad (2.44)$$

$$n = \frac{\sum \log I.\sum \log t - N.\sum[\log t.\log I]}{N.\sum[\log t]^2 - [\sum \log t]^2} \quad (2.45)$$

2.3.8.4 Rumus Ishiguro (1953)

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \quad (2.46)$$

dimana :

I= intensitas hujan (mm/jam)

t= lamanya hujan (jam)

a dan b = konstanta

$$a = \frac{\Sigma[I.\sqrt{t}]\Sigma[I^2] - \Sigma[I^2.\sqrt{t}]\Sigma I}{N.\Sigma[I^2] - [\Sigma I]^2} \quad (2.47)$$

$$b = \frac{\Sigma I.\Sigma[I.\sqrt{t}] - [I^2.\sqrt{t}]}{N.\Sigma[I^2] - [\Sigma I]^2} \quad (2.48)$$

Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (2.49)$$

dimana

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

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

2.3.9 Intensity Duration Frequency (IDF)

Intensity Duration Frequency (IDF) adalah hubungan antara intensitas curah hujan, lama hujan (durasi, dan frekuensi periode ulang) curah hujan, dalam suatu *catchment area* dapat dibuatkan kurva IDF sesuai dengan kondisi curah hujan setempat. IDF ini biasanya disajikan dalam bentuk grafik dimana lama hujan (durasi) di plot pada sumbu horizontal (absis) dan intensitas curah hujan pada sumbu vertical (ordinat), sedangkan untuk frekuensi dibuat serial grafik yang setiap grafik menunjukkan periode ulang (frekuensi) tertentu. Grafik IDF ini sangat perlu terutama dalam menentukan curah hujan rencana dan debit banjir rencana pada perencanaan drainase perkotaan.

2.3.10 Debit Banjir Rencana

Ada beberapa metode untuk memperkirakan laju aliran puncak (debit banjir). Metode yang dipakai di suatu lokasi lebih banyak ditentukan oleh ketersediaan data. Secara umum, metode yang umum dipakai adalah metode rasional (Suripin, 2004).

Metode rasional yang umum dipakai untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak adalah metode Rasional USSCS (1973). Penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS ukuran kecil yaitu kurang dari 300 ha (Goldman et.al, 1986) Karena model ini merupakan model kotak hitam, maka tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf. Persamaan matematik metode rasional dinyatakan dalam bentuk

$$Q_p = 0,278 C I A \quad (2.50)$$

Dimana:

Q_p = laju aliran permukaan (debit) puncak ($m^3/detik$)

C = koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas DAS (km^2)

Tabel 2.8 Koefisien Aliran Permukaan untuk Metode Rasional

Diskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran permukaan (C)
Business	
Perkotaan	0,70 - 0,95
Pinggiran	0,50 - 0,70
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
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, pekuburan	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 : Suripin, 2004

2.3.11 Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah menyumbangkan

aliran terhadap titik kontrol. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yaitu:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (2.51)$$

$$S = \frac{\Delta H}{L_{TOTAL}} \quad (2.52)$$

Dimana :

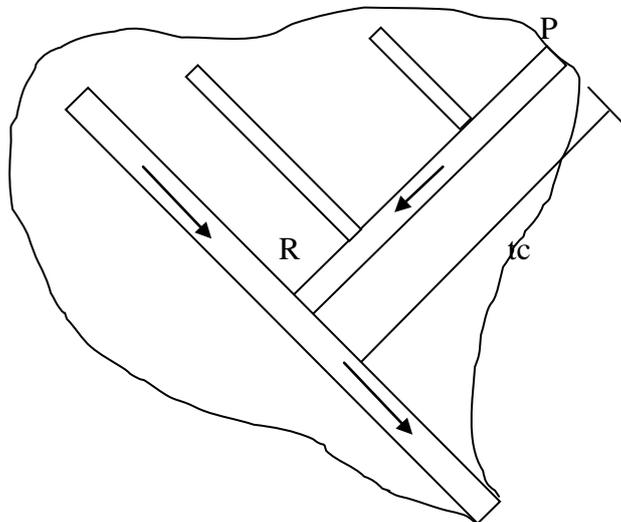
T_c = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (meter)

S = Kemiringan lahan

ΔH = Selisih antara tempat terjauh dengan tempat pengamatan(meter)

Rumus ini digunakan untuk kondisi DAS seperti tampak pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Kondisi DAS dengan t_c

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi 2 komponen t_{of} dan t_{df} (Suripin, 2004). Persamaan ini sebelumnya juga digunakan pada studi terdahulu mengenai “Identifikasi Lokasi Titik-titik Banjir di Kota Denpasar dengan menggunakan SIG” pada kasus Sub Sistem Tukad Rangda. Dimana besarnya t_{of} dipengaruhi oleh panjang lintasan daerah aliran, koefisien retardasi, dan kemiringan rata-rata daerah aliran. Sedangkan besarnya t_{df} sendiri

dipengaruhi oleh panjang lintasan air di dalam saluran dan kecepatan aliran (IB Askara, 2008).

$$tof = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right]^{0,167} \quad (2.53)$$

$$tdf = \frac{Ls}{60V} \quad (2.54)$$

$$tc = tof + tdf \quad (2.55)$$

Dimana:

tof = (Time Overland Flow) waktu yang diperlukan air mengalir melalui permukaan tanah ke saluran terdekat (menit)

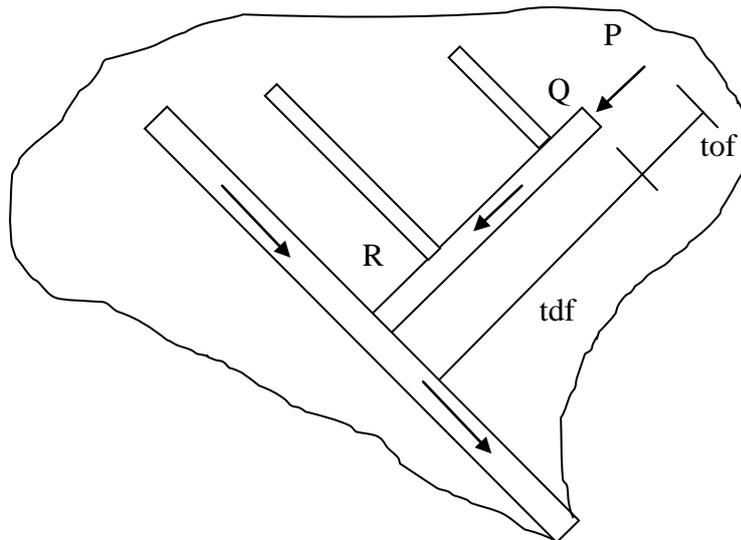
tdf = (Time Detention Flow) waktu yang diperlukan air mengalir dari pertama kali masuk saluran hingga ke titik keluaran DAS (menit).

nd = Koefisien retardasi

L = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (meter)

Ls = Panjang lintasan air di dalam saluran (meter)

Persamaan ini digunakan untuk kondisi DAS seperti tampak pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Kondisi DAS dengan tof dan tdf

2.4 Kapasitas Saluran Drainase

Kemampuan saluran drainase untuk mengalirkan air dapat didefinisikan sebagai besarnya volume air yang dapat dialirkan dalam waktu tertentu, yang lazim disebut debit aliran. Secara hidraulik ada dua aspek yang dapat menentukan besarnya debit aliran yaitu : kecepatan aliran serta luas penampang basah saluran.

- 1) Kecepatan aliran dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: kekasaran dinding saluran, radius hidrolis serta kemiringan memanjang dasar saluran. “Semakin halus/licin dinding saluran dalam arti semakin kecil koefisien semakan besar kecepatan aliran, selanjutnya semakin besar radius hidrolis (R) dan kemiringan dasar saluran (I) semakin besar pula kecepatan aliran”.
- 2) Penampang basah saluran ditentukan oleh bentuk dan dimensi saluran, penampang yang ideal adalah penampang yang secara hidrolis paling ekonomis, dimana besarnya radius hidrolis sama atau mendekati setengah kedalaman air dalam saluran.

Sehingga dari uraian di atas sangat jelas bahwa, kapasitas saluran sangat ditentukan: bentuk dan dimensi penampang saluran (A), besarnya radius hidrolis (R) dan kemiringan dasar saluran serta kemiringan memanjang dasar saluran (I). selain itu untuk saluran drainase perlu juga dipertimbangkan bentuk penampang saluran mampu mengalirkan sedimen saat aliran air dalam kondisi minimum, sehingga senantiasa dapat membersihkan dirinya.

2.4.1 Geometri Saluran

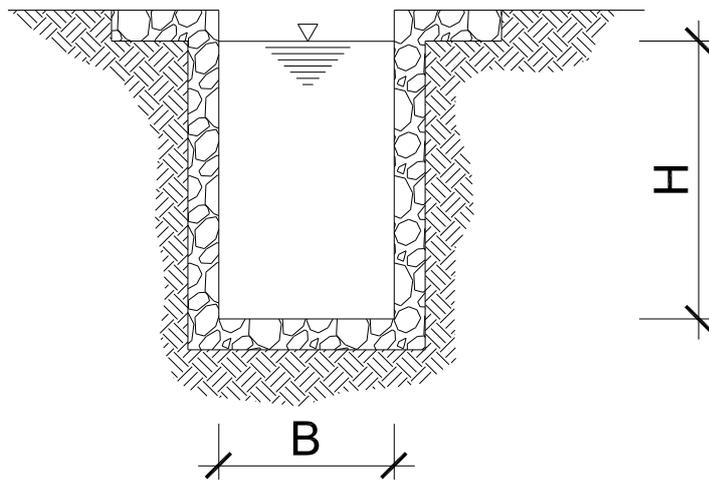
Penampang saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk seperti parabola sampai trapesium. Untuk saluran pengatur banjir, dapat terdiri dari satu penampang saluran utama yang mengalirkan normal dan satu atau lebih penampang saluran tepi untuk menampung kelebihan air.

Penampang saluran buatan biasanya dirancang berdasarkan bentuk geometris yang umum. Bentuk yang paling umum dipakai untuk saluran ber dinding tanah adalah bentuk trapesium, sebab stabilitas kemiringan dindingnya dapat disesuaikan. Untuk saluran berbentuk persegi panjang yang mempunyai sisi

tegak, biasanya dipakai untuk saluran yang dibangun dengan bahan yang stabil, seperti pasangan batu, padas, logam atau kayu (Chow, 1959).

Saluran yang digunakan dalam perencanaan adalah bentuk penampang saluran ekonomis. Potongan melintang 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. Dari rumus Manning maupun Chezy dapat dilihat bahwa untuk kemiringan dasar dan kekasaran tetap, kecepatan maksimum dicapai jika jari-jari hidraulik R maksimum. Selanjutnya, untuk luas penampang tetap, jari-jari hidraulik maksimum jika keliling basah P minimum. Beberapa bentuk saluran melintang yang sering digunakan adalah sebagai berikut ; (Bambang Triadmojo, 2003)

a) Saluran Penampang Persegi



Gambar 2.12 Saluran Penampang Persegi

$$\text{Luas penampang basah : } A = B.H \quad (2.56)$$

Keliling Basah (P) :

$$P = B + 2H \quad (2.57)$$

$$P = \frac{A}{H} + 2H \quad (2.58)$$

Syarat penampang ekonomis, $dp/dh = 0$

$$-\frac{A}{P^2} + 2 = 0 \quad (2.59)$$

$$A = 2H^2 \quad (2.60)$$

$$B = 2H \quad (2.61)$$

Jari-jari hidraulis (R) :

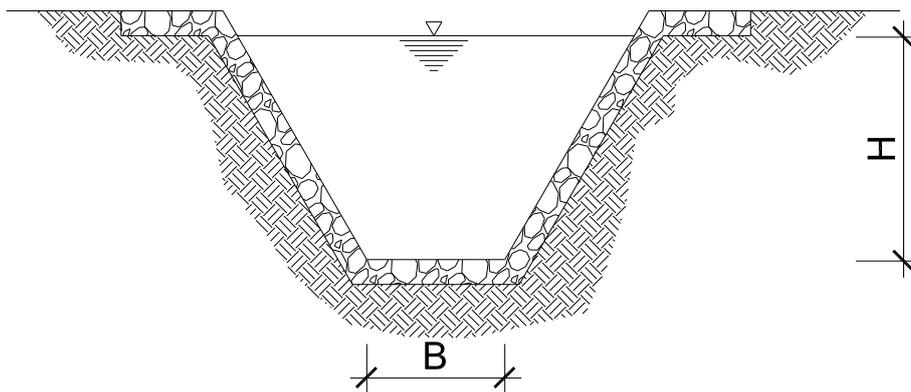
$$R = \frac{A}{P} \quad (2.62)$$

$$= \frac{BH}{B + 2H} \quad (2.63)$$

$$= \frac{2H^2}{4H} \quad (2.64)$$

$$\text{Radius Hidraulik : } R = \frac{H}{2} \quad (2.65)$$

b) Saluran Penampang Trapesium



Gambar 2.13 Saluran Penampang Trapesium

Luas penampang basah (A) :

$$A = \left(\frac{2B + 2mH}{2} \right) \cdot H \quad (2.66)$$

$$A = (B + mH) \cdot H \quad (2.67)$$

Keliling Basah (P) :

$$P = B + 2\sqrt{(m.H)^2 + H^2} \quad (2.68)$$

$$P = B + 2H\sqrt{m^2 + 1} \quad (2.69)$$

Atau :

$$P = \frac{A}{H} - mH + 2H\sqrt{m^2 + 1} \quad (2.70)$$

$$P = \frac{A}{H} + H(2\sqrt{m^2 + 1} - m) \quad (2.71)$$

Syarat penampang ekonomis (Pmin), apabila $dp/dh = 0$

$$-\frac{A}{H^2} + 2\sqrt{m^2 + 1} - m = 0 \quad (2.72)$$

$$\frac{A}{H^2} = 2\sqrt{m^2 + 1} - m \quad (2.73)$$

$$B = 2H(\sqrt{m^2 + 1} - m) \quad (2.74)$$

Jari-jari hidraulis (R) :

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.75)$$

$$= \frac{2(B + mH)H}{B + 2H(m^2 + 1)^{1/2}} \quad (2.76)$$

$$\text{Radius Hidraulik : } R = \frac{H}{2}$$

2.4.2 Kekasaran Dinding Saluran

Rumus kecepatan menurut Manning (1889) :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.77)$$

Keterangan :

R = jari – jari hidrolis (m)

V = kecepatan aliran (m/dt)

I = kemiringan memanjang dasar saluran

n = koefisien kekasaran menurut manning yang besarnya tergantung dari bahan dinding saluran yang dipakai.

Apabila bentuk rumus Manning diubah menjadi rumus Chezy maka besarnya C adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \quad (2.78)$$

Keterangan : C = Koefisien Chezy ($m^{1/2}/dt$)

R = jari – jari hidrolik (m)

n = koefisien kekasaran menurut manning

Kesulitan terbesar dalam menggunakan rumus Manning adalah menentukan koefisien kekasaran n , sebab tidak ada cara tertentu untuk pemilihan nilai n .

Menurut Chow (1989), faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran Manning antara lain:

- 1) Kekasaran permukaan, yang ditandai dengan ukuran dan bentuk butiran bahan yang membentuk luas basah dan menimbulkan efek hambatan terhadap aliran. Secara umum dikatakan bahwa butiran halus menyebabkan nilai n yang relatif rendah dan butiran kasar memiliki nilai n yang tinggi.
- 2) Tetumbuhan, yang juga memperkecil kapasitas saluran dan menghambat aliran.
- 3) Ketidakteraturan saluran, yang mencakup pula ketidakteraturan keliling basah dan variasi penampang, ukuran dan bentuk di sepanjang saluran. Secara umum perubahan lambat laun dan teratur dari penampang ukuran dan bentuk tidak terlalu mempengaruhi nilai n , tetapi perubahan tiba-tiba atau peralihan dari penampang kecil ke besar memerlukan penggunaan nilai n yang besar.
- 4) Trase Saluran, dimana kelengkungan yang landai dengan garis tengah yang besar akan mengakibatkan nilai n yang relatif rendah, sedangkan kelengkungan yang tajam dengan belokan-belokan yang patah akan memperbesar nilai n .

- 5) Pengendapan dan penggerusan. Secara umum pengendapan dapat mengubah saluran yang sangat tidak beraturan menjadi cukup beraturan dan memperkecil n , sedangkan penggerusan dapat berakibat sebaliknya dan memperbesar n . Namun efek utama dari pengendapan akan tergantung dari sifat alamiah bahan yang diendapkan.
- 6) Hambatan, berupa balok sekat, pilar jembatan dan sejenisnya yang cenderung memperbesar nilai n .

Tabel 2.9 Harga rata – rata n dalam rumus Manning

Bahan	N
Besi tuang 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	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber : Triatmodjo, 2008

Nilai yang berupa koefisien atau angka (jari – jari) kekasaran dinding akan sangat berpengaruh pada besarnya kecepatan aliran dan akan berpengaruh terhadap besarnya debit aliran. Semakin kasar dinding akan semakin besar nilai kekasaran dinding dan menghasilkan debit aliran yang semakin kecil dan juga sebaliknya semakin halus dinding akan menghasilkan debit aliran yang semakin tinggi.

2.4.3 Kapasitas Saluran

Perhitungan hidraulika digunakan untuk menganalisa dimensi penampang berdasarkan kapasitas maksimum saluran. Penentuan dimensi saluran baik yang ada (eksisting) atau yang direncanakan, berdasarkan debit maksimum yang akan dialirkan.

Rumus yang digunakan adalah (Suripin, 2004)

$$Q = A \cdot V \quad (2.79)$$

Dimana :

Q = debit banjir rancangan (m^3/dt)

A = luas penampang basah (m^2)

V = kecepatan rata-rata.