

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Drainase

Drainase berasal dari kata *drainage* yang artinya mengeringkan atau mengalirkan. Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah maupun air yang berada di bawah permukaan tanah. Drainase juga didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan (wesli, 2008).

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

Saat ini sistem drainase sudah menjadi salah satu infrastruktur perkotaan yang sangat penting. Kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada. Sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air. Genangan air menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan jorok, menjadi sarang nyamuk, dan sumber penyakit lainnya, sehingga menurunkan kualitas lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

2.2 Analisa Hidrologi

Proses analisa hidrologi merupakan proses yang sangat penting dalam suatu perencanaan yang berhubungan dengan bidang keairan. Pada dasarnya, proses analisis ini merupakan proses pengolahan data curah hujan, data luas dan bentuk daerah pengaliran (catchment area), data kemiringan lahan, tata guna lahan yang kesemuanya memiliki arahan untuk mengetahui besarnya curah hujan maksimum. Dan juga koefisien pengaliran, waktu konsentrasi, intensitas curah hujan serta debit banjir rencana.



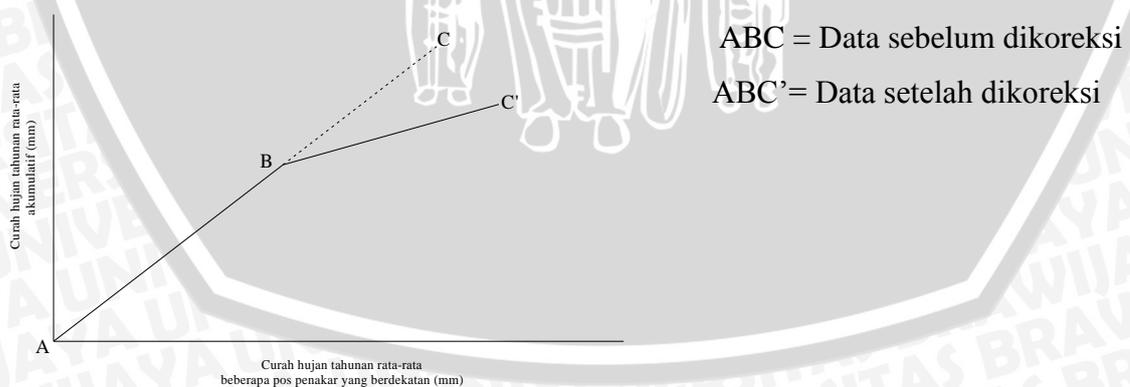
2.2.2 Uji Konsistensi

Data hujan yang diambil dari berbagai stasiun hujan, perlu diuji terlebih dahulu untuk mengetahui apakah data tersebut konsisten atau tidak. Data yang tidak konsisten disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain (Subarkah, 1980):

- Perubahan mendadak pada lingkungan hidrologis, misalnya pembangunan gedung-gedung, tumbuhnya pohon-pohon, gempa bumi, gunung meletus dan lain-lain.
- Pemindahan alat pengukur hujan.
- Perubahan cara pengukuran, misalnya berhubungan dengan adanya alat baru atau metode baru.

Jika terdapat curah hujan tahunan dengan jangka waktu pengamatan yang panjang, maka kurva massa ganda dapat digunakan untuk memperbaiki kesalahan pengamatan yang terjadi yang disebabkan oleh perubahan posisi atau cara pemasangan yang tidak baik dari alat ukur hujan (Sosrodarsono, 1993).

Uji konsistensi data dapat dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*). Langkah yang dilakukan adalah membandingkan harga akumulasi curah hujan tahunan pada stasiun yang diuji dengan akumulasi curah hujan tahunan rata-rata dari suatu jaringan dasar stasiun hujan yang berkesesuaian, kemudian diplotkan pada kurva. Jadi dengan ini dipilih dari stasiun-stasiun hujan yang berdekatan dengan stasiun yang diuji dan memiliki kondisi meteorologi yang sama dengan stasiun yang diuji (Subarkah, 1980). Gambar kurva massa ganda (*double mass curve*) dapat dilihat pada **gambar 2.1** berikut ini.



Gambar 2.1 Kurva massa ganda (*double mass curve*)

Dari gambar diatas, jika tidak ada perubahan terhadap lingkungan maka akan diperoleh garis ABC. Tetapi pada tahun tertentu terjadi perubahan lingkungan, maka didapat garis patah ABC'. Penyimpangan tiba-tiba dari garis semula menunjukkan adanya perubahan tersebut, yang bukan disebabkan oleh perubahan iklim atau keadaan hidrologis (Soemarto, 1999).

Apabila terjadi penyimpangan (garis ABC'), maka dapat dikoreksi menjadi rumus ABC dengan menggunakan rumus (Nemec, J, 1973).

$$\begin{aligned} \text{Tg } \alpha &= \frac{Y_z}{X_z} \\ \text{Tg } \alpha_o &= \frac{Y_o}{X_o} \\ H_z &= \left[\frac{\text{tg } \alpha}{\text{tg } \alpha_o} \right] H_o \end{aligned} \quad (2-1)$$

Dengan :

- H_o = Data hujan hasil pengamatan (mm)
- H_z = Data hujan yang diperbaiki (mm)
- $\text{Tg } \alpha_o$ = Kemiringan sebelum ada perubahan
- $\text{Tg } \alpha$ = Kemiringan setelah ada perubahan

2.2.2 Curah Hujan Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan, bukan hanya curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan daerah dan dinyatakan dalam mm(milimeter).

Apabila melakukan penakaran pada suatu stasiun hujan, maka hanya akan didapat curah hujan di suatu titik tertentu. Bila dalam suatu area terdapat penakar curah hujan, maka untuk mendapatkan harga curah hujan areal adalah dengan mengambil harga rata-rata dari beberapa stasiun penakar hujan disekitar area yang diteliti.

Metode perhitungan curah hujan rata-rata daerah dari pengamatan curah hujan dari beberapa titik, antara lain (Suripin, 2004).

2.2.2.1 Metode Rerata Aritmatik

Metode ini yang paling sederhana dalam perhitungan curah hujan daerah. Metode ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/hampir merata, dan cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan daerah diperoleh dari persamaan berikut (Suripin, 2004:27).

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (2-2)$$

Dengan P_1, P_2, \dots, P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

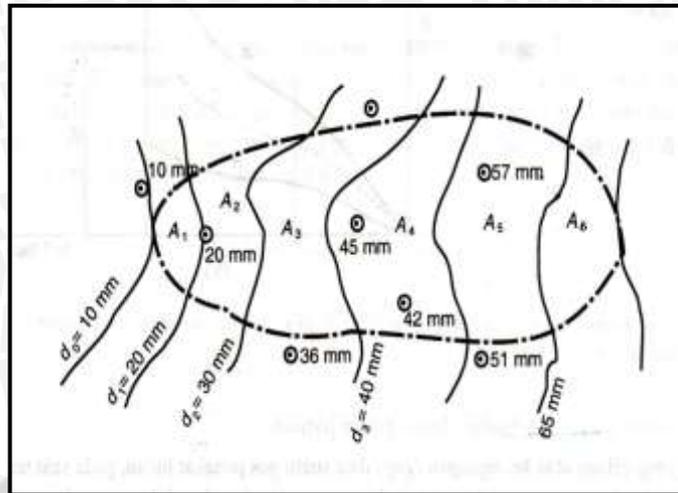
2.2.2.2 Metode Garis-garis Isohyet

Metode ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Metode ini cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5000 km². Hujan rerata daerah dihitung dengan persamaan berikut (Suripin, 2003:30).

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

$$= \frac{\sum \left[A \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \quad (2-3)$$

Dimana P_1, P_2, \dots, P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n. A_1, A_2, \dots, A_n adalah luas poligon 1, 2, ..., n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan. Penjelasan garis isohyet dapat dilihat pada **Gambar 2.2** berikut ini.



Gambar 2.2 Garis isohyet (Sumber: Suripin, 2004)

2.2.2.3 Metode Poligon Thiessen

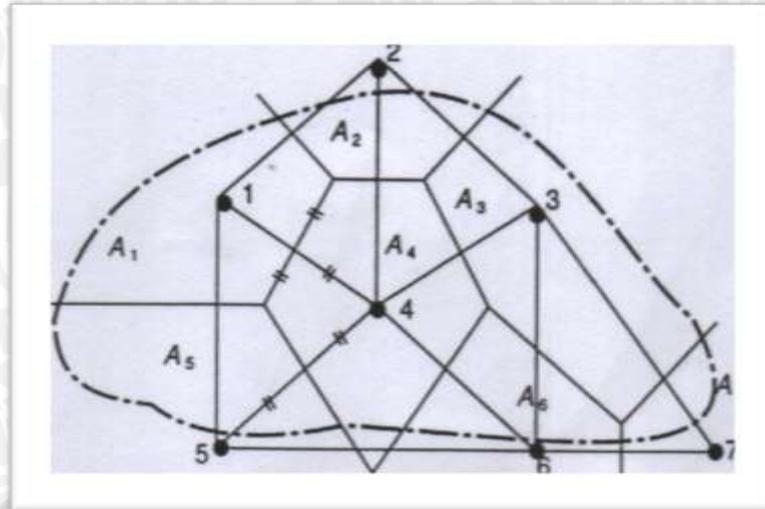
Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Meskipun belum dapat memberikan bobot yang tepat sebagai sumbangan satu stasiun hujan untuk hujan daerah, metode ini telah memberikan bobot tertentu kepada masing-masing stasiun sebagai fungsi jarak stasiun hujan. Metode ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 - 5000 km².

Hujan rerata daerah untuk metode Poligon Thiessen dihitung dengan persamaan berikut. (Suripin, 2004:27).

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-4)$$

Dengan P_1, P_2, \dots, P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n. A_1, A_2, \dots, A_n adalah luas polygon 1, 2, ..., n. Sedangkan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

Penjelasan metode Poligon Thiessen ini dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Poligon thiessen (Sumber: Suripin, 2004)

Penentuan atau pemilihan metode curah hujan daerah dapat dihitung dengan parameter luas daerah tinjauan sebagai berikut (Sosrodarsono, 2003: 51):

1. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil diwakili oleh sebuah stasiun pengamatan.
2. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 - 50.000 ha yang memiliki 2 atau 3 stasiun pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.
3. Untuk daerah tinjauan dengan luas 120.000 - 500.000 ha yang memiliki beberapa stasiun pengamatan tersebar cukup merata dan dimana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi dapat menggunakan metode rata-rata aljabar, tetapi jika stasiun pengamatan tersebar tidak merata dapat menggunakan metode Thiessen.
4. Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha menggunakan metode Isohiet atau metode potongan antara.

2.2.3 Analisis Frekuensi Dan Probabilitas

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi terjadinya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (independent) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang (return period) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak

terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Misalnya, hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 1000 tahun akan terjadi 100 kali hujan 10 tahunan. Ada kemungkinan selama kurun waktu 10 tahun terjadi hujan 10 tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali. (Suripin, 2004 : 32)

Masing-masing distribusi memiliki sifat khas sehingga setiap data yang ada harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistika masing-masing distribusi tersebut. Sifat khas dari masing-masing distribusi frekuensi merupakan nilai dari koefisien kepeccengan (C_s) dan nilai koefisien kurtosis (C_k) yang merupakan ukuran ketajaman distribusi suatu data. Sifat khas tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Sifat khas distribusi frekuensi (sumber: sri hartono, 1993)

Distribusi	C_s	C_v	C_k
Normal	~ 0	+	~ 3
Log Normal	$\sim 3.C_v$	+	+
Log-Person III	+	Tidak ada sifat	+/-
Gumbel	$\sim 1,139$	\sim	\sim

Untuk menghitung nilai C_s , C_v , dan C_k digunakan persamaan sebagai berikut:

1. Rata-rata hitung

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2-5)$$

2. Simpangan baku

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2-6)$$

3. Koefisien kepeccengan

$$C_s = \frac{n^2 \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \right]}{(n-1)(n-2)S_i^3} \quad (2-7)$$

4. Keofisien kurtosis

$$C_k = \frac{n^3 \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \right]}{(n-1)(n-2)(n-3)S_i^4} \quad (2-8)$$

5. Koefisien variasi

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

Dengan :

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung

X_i = Nilai pengamatan

n = Jumlah data

2.2.3.1 Distribusi Normal

Distribusi ini mempunyai 'probability density function' sebagai berikut:

$$P'(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2-10)$$

Dengan,

σ = varian

μ = rata-rata

Sifat khas lain yaitu nilai asimetrisnya (*skewness*) hampir sama dengan nol dan dengan kurtosis 3. Selain itu, kemungkinan:

$$P(\bar{x} - \sigma) = 15,87\%$$

$$P(\bar{x}) = 50\%$$

$$P(\bar{x} + \sigma) = 84,14\%$$

Dengan demikian kemungkinan variant berada pada daerah $(\bar{x} - \sigma)$ dan $(\bar{x} + \sigma)$ adalah 68,27%. Sejalan dengan itu maka yang berada antara $(\bar{x} - 2\sigma)$ dan $(\bar{x} + \sigma)$ adalah 95,44%.

2.2.3.2 Distribusi Log-Normal

Probability density function' distribusi ini adalah:

$$P'x = \frac{1}{x\sigma_n\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu_n}{\sigma_n}\right)^2\right), (\mu > 0) \quad (2-11)$$

Dengan

$$\mu_n = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{\mu^4}{\mu^2 + \sigma^2}\right)$$

$$\sigma_n^2 = \ln\left(\frac{\sigma^2 + \mu^2}{\mu^2}\right)$$

Besarnya asimetri adalah

$$\gamma = \eta_v^3 + 3\eta_v \tag{2-12}$$

Dengan

$$\eta_v = \frac{\sigma}{\mu} (\beta - \sigma^2 - 1)^{0.5} \tag{2-13}$$

$$\text{Kurtosis } k = \eta_v^8 + 6\eta_v^6 + 15\eta_v^4 + 16\eta_v^2 + 3 \tag{2-14}$$

2.2.3.3 Distribusi Log Person Type III

Parameter-parameter statistic yang diperlukan oleh distribusi Pearson Type III adalah:

- Nilai tengah
- Standard deviasi
- Koefisien skewness

Untuk menghitung banjir perencanaan dalam praktek, *the Hydrology Committee of the Water Resources Council, USA*, menganjurkan, pertama kali mentransformasikan data ke nilai-nilai logaritma kemudian menghitung parameter-parameter statistiknya. Karena transformasi tersebut, maka cara ini disebut log Pearson type III.

Dalam pemakaian Log Pearson Type III, kita harus mengkonversi rangkaian datanya menjadi logaritma. Rumus untuk metode Log Pearson :

$$\text{Log } X_r = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \tag{2-15}$$

Dengan:

- X_r = nilai rerata curah hujan
- X_i = curah hujan ke-I (mm)
- n = banyaknya data pengamatan

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)^2}{n-1}} \tag{2-16}$$

S_x = standard deviasi

Nilai XT bagi setiap probabilitas dihitung dari persamaan yang telah dimodifikasikan :

$$\text{Log } X_T = \text{log } X_r + K \cdot \text{log } S_x \tag{2-17}$$

Dengan :

- X_T = besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang pada T tahun.
- K = faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe distribusi frekuensi.

Nilai K dapat dilihat pada **Tabel 2.2** dan **Tabel 2.3** sebagai berikut :

Tabel 2.2 Nilai k untuk distribusi log pearson type iii dengan nilai koefisien kepengcengan (cs) negatif

Koef. Kepengcengan (Cs)	Kala Ulang (Tahun)							
	1.01	2	5	10	25	50	100	200
0	-2.326	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	-2.4	0.017	0.846	1.27	1.716	2	2.252	2.482
-0.2	-2.472	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178	2.338
-0.3	-2.544	0.05	0.853	1.245	1.643	1.89	2.104	2.294
-0.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	-2.686	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	-2.755	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	2.016
-0.7	-2.824	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	-2.957	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.66	1.749
-1	-3.022	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	-3.087	0.18	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.518
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	-3.211	0.21	0.838	1.064	1.24	1.324	1.383	1.424
-1.4	-3.271	0.225	0.832	1.041	1.165	1.27	1.318	1.351
-1.5	-3.33	0.24	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	-3.388	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	-3.444	0.268	0.808	0.97	1.075	1.116	1.14	1.155
-1.8	-3.499	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	-3.553	0.294	0.788	0.92	0.996	1.023	1.037	1.044
-2	-3.065	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99	0.995
-2.1	-3.656	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	-3.705	0.33	0.752	0.844	0.888	0.9	0.905	0.907
-2.3	-3.753	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	-3.8	0.351	0.725	0.795	0.823	0.83	0.832	0.833
-2.5	-3.845	0.36	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.8
-2.6	-3.889	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	-3.932	0.376	0.681	0.724	0.738	0.74	0.74	0.741
-2.8	-3.937	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	-4.013	0.39	0.651	0.681	0.683	0.689	0.69	0.69
-3	-4.051	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.667	0.667

Sumber : Soemarto, 1987

Tabel 2.3 Nilai k untuk distribusi log pearson type iii dengan nilai koefisien kepencengan (cs) positif

Koef. Kepencengan (Cs)	Kala Ulang (Tahun)							
	1.01	2	5	10	25	50	100	200
3	-0.667	-0.396	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	4.97
2.9	-0.69	-0.39	0.44	1.195	2.227	3.134	4.013	4.904
2.8	-0.714	-0.384	0.46	1.21	2.275	3.114	3.937	4.847
2.7	-0.74	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.769	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.799	-0.36	0.518	1.25	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8	4.584
2.3	-0.867	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.905	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705	4.444
2.1	-0.946	-0.319	0.592	1.294	2.23	2.942	3.656	4.372
2	-0.99	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-1.037	-0.294	0.627	1.31	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-1.087	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-1.14	-0.268	0.66	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-1.197	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	3.99
1.5	-1.256	-0.24	0.69	1.333	2.146	2.743	3.33	3.91
1.4	-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-1.383	-0.21	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-1.518	-0.18	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1	-1.588	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-1.66	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-1.733	-0.132	0.78	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-1.806	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-1.88	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-1.955	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.331	2.686	3.041
0.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	2.949
0.3	-2.104	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-2.178	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-2.252	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.4	2.67
0	-2.326	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

Sumber : Soemarto, 1987

2.2.3.4 Distribusi Gumbel

$$X = \mu + \sigma \cdot K \quad (2-18)$$

Dengan

μ = Nilai tengah (mean) populasi

σ = Standard deviasi populasi

K = Factor frekwensi

Rumus diatas dapat diketahui dengan

$$X = \bar{X} + sK \quad (2-19)$$

Dengan,

\bar{X} = nilai tengah sampel

s = Standard deviasi sampel

Faktor frekwensi K untuk nilai-nilai ekstrim Gumbel ditulis dengan humus berikut ini :

$$K = \frac{Y_T - Y_s}{S_n} \quad (2-20)$$

$$Y_T = -\ln[-\ln((T_r - 1)/T_r)] \quad (2-21)$$

Dengan,

YT = Reduced variate

Y = Reduced mean yang tergantung dari besarnya sampel n

Sn = Reduced Standard deviation yang tergantung dari besarnya sampel n

2.2.4 Pemeriksaan Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi

Untuk mengetahui apakah pemilihan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rancangan diterima atau ditolak, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Uji ini dilakukan secara horisontal dengan menggunakan *Metode Smirnov Kolmogorof* dan vertikal dengan menggunakan *Metode Chi Square*.

2.2.4.1 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horizontal, yaitu merupakan selisih simpangan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris (\square_0). Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui :

1. Kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.
2. Kebenaran hipotesa diterima atau ditolak.

Uji kesesuaian *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Langkah-langkah pengujian *Smirnov-Kolmogorof* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995: 198) :

1. Mengurutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan juga besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
2. Menentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
3. Dari kedua nilai peluang ditentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Mengurutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan juga besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
5. Menentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
6. Dari kedua nilai peluang ditentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
7. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov Test*) dapat ditentukan harga Δ_{cr} .

Apabila Δ_0 lebih kecil dari Δ_{cr} maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila Δ_0 lebih besar dari Δ_{cr} maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima. Nilai Δ_{cr} untuk uji *Smirnov-Kolmogorov* tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut ini :

Tabel 2.4 Nilai kritis (Δ_{cr}) untuk uji *Smirnov-Kolmogorov*

$n \backslash \alpha$	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
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	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$n > 50$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber: Hadi, 2010

2.2.4.2 Uji *Chi-Square*

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal apakah distribusi pengamatan dapat diterima secara teoritis. Pada penggunaan Uji *Smirnov-Kolmogorov*, meskipun menggunakan perhitungan matematis namun kesimpulan hanya berdasarkan bagian tertentu (sebuah *variant*) yang mempunyai penyimpangan terbesar, sedangkan Uji *Chi-Square* menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara matematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teoritisnya. Uji *Chi-Square* dapat diturunkan menjadi persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995: 194):

$$X^2 = \sum \frac{(E_f - O_f)^2}{E_f} \quad (2-22)$$

Dengan :

X^2 = *Chi-Square*.

E_f = frekuensi (banyaknya pengamatan) yang diharapkan, sesuai dengan pembagian kelasnya.

O_f = frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.

Nilai X^2 yang terhitung ini harus lebih kecil dari harga X^2_{cr} (yang didapat dari tabel *Chi-Square*).

Derajat kebebasan ini secara umum dapat dihitung dengan :

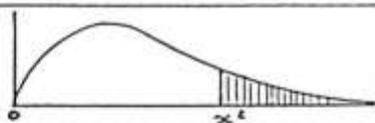
$$DK = K - (P + 1) \quad (2-23)$$

Dengan :

- DK = derajat kebebasan.
- K = banyaknya kelas.
- P = banyaknya keterikatan atau sama dengan banyaknya parameter, yang untuk sebaran *Chi-Square* adalah sama dengan 2 (dua).

Berdasarkan literatur di atas, pada uji *Chi-Square* menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara matematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teoritisnya dengan nilai X^2_{cr} . Nilai X^2_{cr} untuk uji *Chi Square* dapat dilihat pada **Tabel 2.5** berikut ini.

Tabel 2.5 Nilai X^2_{cr} untuk uji *chi-square*



Degrass of freedom	Probability of a deviation grether than x^2				
	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	3,219	4,605	5,991	9,210	13,815
3	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
6	8,558	10,645	12,592	16,812	22,547
7	9,803	12,017	14,067	18,475	24,322
8	11,030	13,362	15,507	20,090	26,125
9	12,242	14,684	16,919	21,666	27,877
10	13,442	15,987	18,307	23,209	29,588
11	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
13	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16	20,465	23,542	26,296	32,000	39,252
17	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790
18	22,760	25,989	28,869	34,805	42,312
19	23,900	27,204	30,144	36,191	43,820
20	25,038	28,412	31,410	37,566	45,315

Sumber: Hadi, 2010

2.2.5 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi ialah waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari titik terjauh dalam DPS menuju suatu titik atau profil melintang saluran tertentu yang ditinjau. Dalam drainase perkotaan pada umumnya, t_c terdiri dari penjumlahan 2 komponen, yaitu t_o dan t_d . Persamaan untuk menentukan waktu konsentrasi adalah:

$$t_c = t_o + t_d \quad (3-24)$$

Perhitungan waktu konsentrasi (t_c) untuk pertemuan 2 saluran atau lebih dapat menggunakan persamaan Sneider sbb:

$$t_c = \frac{\sum t_{c_i} \cdot C_i \cdot A_e \cdot L_i}{C_i \cdot A_e \cdot L_i} \quad (2-25)$$

Dimana:

t_c = Waktu konsentrasi untuk pertemuan saluran (menit)

t_{c_i} = Waktu konsentrasi untuk masing-masing saluran (menit)

C_i = Angka pengaliran

A_e = Luas limpasan masing-masing saluran (Ha)

L_i = Panjang masing-masing saluran (m)

Harga panjang saluran hasil pertemuan dapat digunakan dengan persamaan:

$$t_c = \frac{\sum L_i \cdot t_{c_i} \cdot C_i \cdot A_e \cdot q_i}{t_{c_i} \cdot C_i \cdot A_e \cdot q_i} \quad (2-26)$$

Dimana:

L_e = Panjang ekivalen (m)

L_i = Panjang masing-masing saluran (m)

T_{c_i} = Waktu konsentrasi masing-masing saluran

C_i = Angka pengaliran

A_e = Luas limpasan masing-masing saluran (Ha)

Waktu Kesetimbangan (time to equilibrium, t_e), menunjukkan bahwa air hujan yang merayap diatas permukaan tanah dan mengalir pada saluran telah bergabung secara bersamaan, dapat dikatakan sebagai waktu durasi hujan:

$$t_e = R^{1,92} / 1.11R \quad (3-66) \quad (2-27)$$

Dimana:

t_e = Waktu durasi hujan

R = Tinggi hujan harian maksimum

2.2.6 Intensitas Hujan

Dalam menentukan debit banjir rancangan, perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan adalah ketinggian yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi dimasa lampau melalui pencatatan curah hujan otomatis (*Automatic Rainfall Recorder, ARR*). Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan (mm/jam), yang artinya tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu per jam. Intensitas curah hujan secara teoritis menurut *Mononobe* dapat dirumuskan sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976: 40)

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \cdot \left(\frac{t}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2-28)$$

Dengan:

R_t = intensitas curah hujan dalam T jam (mm/jam)

R_{24} = curah hujan efektif dalam 1 hari (mm/hari)

T = waktu hujan dari awal sampai jam ke T (jam)

t = waktu konsentrasi hujan (jam)

untuk Indonesia rata-rata $t = 5$ jam

2.2.7 Koefisien Pengaliran (runoff)

Koefisien Pengaliran (C) adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah air hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran tergantung pada daerah pengaliran dan karakteristik hujan pada suatu daerah yang meliputi keadaan hujan, luas dan bentuk daerah pengaliran, kemiringan daerah pengaliran, daya infiltrasi dan perkolasi tanah, kebasahan tanah, suhu, udara, angin, evaporasi serta tata guna lahan.

Untuk rencana pembangunan suatu bendungan, maka angka koefisien pengaliran biasanya lebih besar dari 0,8. Beberapa petunjuk untuk mendapatkan angka koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut (Sosrodarsono, 1977: 38)

Tabel 2.6 Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*)

Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75 ~ 0,90
Daerah perbukitan	0,7 ~ 0,8
Daerah bergelombang dan bersemak-semak	0,5 ~ 0,75
Daerah dataran yang digarap	0,45 ~ 0,6
Daerah persawahan irigasi	0,7 ~ 0,8
Sungai di daerah pegunungan	0,75 ~ 0,85
Sungai kecil di daerah dataran	0,45 ~ 0,75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50 ~ 0,75

Sumber: Sosrodarsono, 1977: 38

Tabel 2.7 Koefisien pengaliran didasarkan pada tata guna lahan

Diskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran, 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 (2003:80)

Tabel 2.8 Koeffisien-koeffisien pengaliran dari buku pedoman yang diterbitkan oleh texas highway department

		Kondisi permukaan tanah					
		Jenis tanah yg membentuk dataran					
Inklinasi (%)	Land use	Dataran sedikit bergelombang		Pasir atau lempung pasir (lulus air)		Tanah kehitam-hitaman atau kekuning-kuningan (kedap air)	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Daerah dataran 0~1	Hutan			0,15	0,20	0,15	0,20
	Padang rumput			0,20	0,25	0,25	0,30
	Pertanian			0,25	0,35	0,30	0,40
Daerah bergelombang 1~3,5	Hutan			0,15	0,20	0,18	0,25
	Padang rumput	0,25	0,30	0,30	0,40	0,35	0,45
	Pertanian	0,40	0,45	0,45	0,65	0,50	0,75
Daerah perbukitan 3,5~5,5	Hutan			0,20	0,25	0,25	0,30
	Padang rumput			0,35	0,45	0,45	0,55
	Pertanian			0,60	0,75	0,70	0,85
Daerah pegunungan	Hutan					0,70	0,80
	Tanah gundul					0,80	0,90

Sumber: Sosrodarsono (1977:39)

2.3 Jaringan Drainase

Jaringan drainase adalah suatu jaringan yang berfungsi untuk membuang kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah tertentu. Kelebihan ini diakibatkan karena keseimbangan air pada daerah tersebut terganggu, dikarenakan debit air yang masuk lebih besar dari debit air yang bisa dialirkan oleh saluran drainase yang ada.

Ada dua cara pembuangan air yang dapat dipakai yaitu cara terpisah dan gabungan. Yang dimaksud dengan sistem pembuangan terpisah adalah suatu cara pembuangan air hujan yang dipisahkan dengan pembuangan air buangan yang berasal dari perumahan, fasilitas umum, pabrik – pabrik, dan lainnya. Yang dimaksud dengan sistem pembuangan gabungan adalah cara pembuangan air hujan dan pembuangan air buangan dialirkan melalui satu saluran.

2.4 Kependudukan

Semakin berkembangnya tata guna lahan di wilayah Kecamatan Sidoarjo juga disertai dengan bertambahnya penduduk, dan akan berakibat timbulnya masalah yang berhubungan dengan aspek – aspek hidrologi khususnya penambahan debit limpasan.

Untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada tahun 2016 dan 2021 digunakan cara perhitungan “*Geometric rate of growth*” (pertumbuhan geometri) dan “*Exponensial rate of growth*” (pertumbuhan eksponensial). Selanjutnya data penduduk tahun 2016 dan 2021 akan didapat nantinya.

Cara perhitungannya adalah sebagai berikut :

a. Pertumbuhan Geometri

Pertumbuhan penduduk yang menggunakan dasar bunga berbunga (bunga majemuk), yang mana angka pertumbuhannya sama untuk setiap tahun. Ramalan laju geometri adalah sebagai rumus berikut :

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (2-29)$$

Dengan :

- P_n = jumlah penduduk pada tahun n
 P_o = jumlah penduduk pada tahun awal
 r = angka pertumbuhan penduduk (%)
 n = jangka waktu dalam tahun

b. Pertumbuhan eksponensial

Pertumbuhan secara terus – menerus (*continuos*) setiap hari dengan angka pertumbuhan konstan. Ukuran penduduk secara eksponensial ini adalah lebih tepat, mengingat bahwa dalam kenyataannya pertumbuhan penduduk juga berlangsung terus – menerus.

$$P_n = P_o \cdot e^{r \cdot n} \quad (2-30)$$

Dengan :

- P_n = jumlah penduduk pada tahun n
 P_o = jumlah penduduk pada tahun awal

r = angka pertumbuhan penduduk (%)

n = jangka waktu dalam tahun

e = bilangan pokok dari sistem logaritma alam yang besarnya 2,718

2.5 Menentukan Debit Aliran Permukaan

Debit banjir rancangan adalah debit banjir yang dipergunakan sebagai dasar untuk merencanakan kemampuan dan ketahanan suatu bangunan pengairan dengan suatu kemungkinan terjadi kala ulang tertentu, atau debit dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Untuk menganalisis debit banjir rancangan dapat dilakukan dengan menggunakan metode rasional dan metode hidrograf yang dilakukan dengan menggunakan bantuan model hidrograf satuan sintetis dan metode non hidrograf yang dilakukan dengan bantuan teknik analisa frekuensi.

2.5.1 Metode rasional

Metode rasional merupakan metode yang paling umum dipakai untuk menentukan besarnya debit banjir akibat air hujan. Metode ini sangat sederhana dan mudah penggunaannya, namun sangat terbatas untuk DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha. Persamaan matematik metode rasional dinyatakan dalam bentuk:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2-31)$$

Dengan:

- Q = debit banjir rencana (m^3 /detik)
- C = koefisien pengaliran (run off)
- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = luas daerah aliran (km^2)

2.5.2 Metode hidrograf satuan sintetik

Hidrograf satuan sintetik metode DR. *Nakayasu* telah berulang kali diterapkan di Jawa Timur terutama pada DAS kali Brantas dan saat ini digunakan secara luas di Indonesia, bahkan oleh Departemen Pekerjaan Umum RI telah dijadikan salah satu rujukan untuk perhitungan banjir rancangan di Indonesia (Dep. PU, 1976). Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah aliran sungai sebagai berikut:

1. Luas daerah aliran sungai (*catchment area*)
2. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)
3. Koefisien karakteristik hidrograf (α)
4. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)
5. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
6. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)

Hidrograf satuan sintetis *Nakayasu* dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_p = \frac{A \cdot R_o}{3,6 \left(0,3 T_p + T_{0,3} \right)} \quad (2-32)$$

Dengan :

Q_p = Debit puncak hidrograf satuan (m^3/det)

R_o = Hujan satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

A = Luas daerah aliran sungai (km^2)

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \quad (2-33)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad (2-34)$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (2-35)$$

t_g adalah *time lag* yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). t_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km :

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad (2-36)$$

- Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km :

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad (2-37)$$

Dengan :

t_r = Satuan waktu hujan (jam)

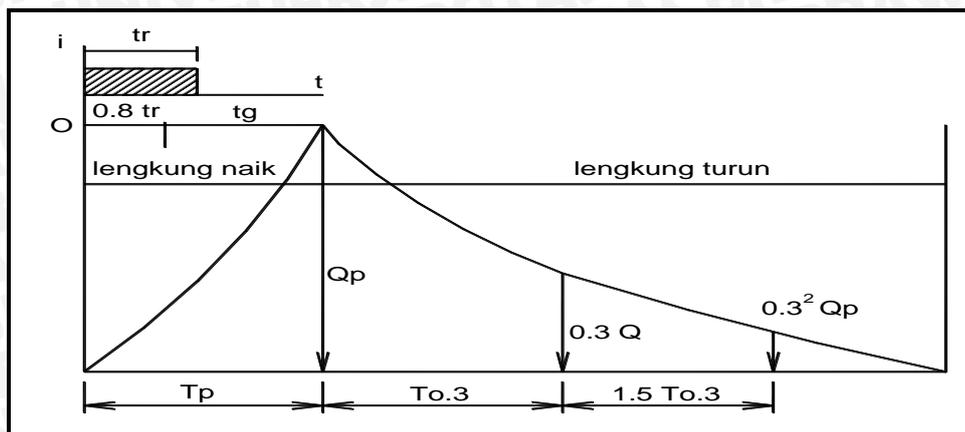
α = Koefisien karakteristik hidrograf, untuk

$\alpha = 2 \Rightarrow$ Pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5 \Rightarrow$ Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3 \Rightarrow$ Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat

Adapun hidrograf satuan sintetik dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Hidrograf satuan sintetik metode nakayasu

1. Pada waktu naik : $0 < t \leq T_p$

$$Q_{(t)} = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \cdot Q_p \quad (2-38)$$

Dengan :

$Q_{(t)}$ = Debit pada jam ke t ($m^3/detik$)

t = Waktu (jam)

2. Pada kurva turun (*decreasing limb*)

- a. Selang nilai : $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \quad (2-39)$$

- b. Selang nilai: $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5 \cdot T_{0,3}}} \quad (2-40)$$

- c. Selang nilai : $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5T_{0,3})}{2,0 \cdot T_{0,3}}} \quad (2-41)$$

Rumus tersebut diatas merupakan rumus empiris, maka penerapannya terhadap suatu daerah aliran sungai harus didahului dengan suatu pemilihan parameter-parameter yang sesuai yaitu T_p , α dan pola distribusi hujan agar didapatkan suatu pola hidrograf yang sesuai dengan hidrograf banjir yang diamati.

2.6 Debit air buangan

Debit air buangan adalah debit yang berasal dari air buangan rumah tangga, bangunan gedung, tempat rekreasi, industri, instalasi, dan lainnya. Untuk memperkirakan jumlah air buangan yang akan dialirkan kesaluran drainase, terlebih dahulu harus diketahui jumlah kebutuhan air rata – rata dan jumlah penduduk daerah studi. Besarnya air yang terbuang diasumsikan 80% dari kebutuhan air bersih (Suhardjono,1984:32). Untuk penduduk berjumlah P_n orang, air kotor yang akan dibuang adalah :

$$Q_{ak} = P_n \cdot 1,389 \times 10^{-6} \quad (2-42)$$

Dengan :

Q_{ak} = debit air kotor ($m^3/detik$)

P_n = jumlah penduduk (orang)

2.7 Perencanaan Saluran Drainase

Saluran drainase perkotaan dapat dimasukan kedalam jenis saluran tahan erosi, yaitu saluran yang mampu menahan erosi dengan baik. Hal ini disebabkan saluran drainase pada umumnya dinding dan dasarnya diberi lapisan, sehingga pada perencanaan saluran drainase akan banyak menggunakan dasar – dasar dari perencanaan saluran tahan erosi.

2.7.1 Bahan – bahan Lapisan

Bahan – bahan lapisan dasar saluran serta dinding dapat dibuat dari :

1. Beton
2. Pasangan batu kali
3. Pasangan bata merah

Pemilihan bahan tersebut di atas terutama tergantung pada tersedianya bahan, harga bahan, dan cara konstruksi saluran dikerjakan.

2.7.2 Tinggi Jagaan

Yang disebut dengan jagaan dari suatu saluran adalah jarak vertikal antara permukaan tanah sampai permukaan air pada kondisi perencanaan. Jarak tersebut harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga dapat mencegah peluapan air akibat gelombang serta fluktuasi permukaan air. Jagaan tersebut direncanakan antara 5% sampai 25% dari dalamnya saluran.

2.7.3 Menentukan Dimensi Penampang

Saluran drainase dapat berbentuk terbuka atau tertutup, menurut kondisi dan keadaan daerah, meskipun tertutup dan penuh air, alirannya bukan tekan, sehingga rumus aliran seragam tetap berlaku.

Rumus kecepatan rata – rata pada perhitungan dimensi penampang digunakan rumus *Manning*. Rumus ini merupakan bentuk yang sederhana tetapi memberikan hasil yang akurat, maka dari itu rumus ini sangat luas penggunaannya sebagai rumus aliran seragam dalam perhitungan saluran pembuang.

Rumus *Manning* diberikan sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2-43)$$

Dengan :

V = Kecepatan aliran (m/dt)

R = Jari-jari hidrolis saluran (m)

S = Kemiringan dasar saluran

n = Angka kekasaran *manning*

Untuk menentukan kapasitas saluran drainase digunakan rumus :

$$Q = A \cdot V \quad (2-44)$$

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Dengan :

Q = Debit aliran (m³/detik)

A = Luas penampang melintang basah saluran (m²)

Setelah didapatkan debit rencana, yaitu debit air hujan dan air buangan, kemudian dimasukkan kedalam rumus (2-45). Yang mana harga kemiringan dasar saluran (S) ditentukan pada keadaan daerah, harga koefisien *Manning* (n) diperoleh berdasarkan bahan lapisan yang diinginkan (**Tabel 2.10**) serta harga A dan R tergantung dari lebar saluran (b) yang diinginkan dengan memperhatikan pembebasan tanah.

Harga A dan R dalam persamaan dengan kedalaman air (h), setelah melalui perhitungan diatas maka akan didapat dimensi saluran yang dikehendaki

$$A = b \cdot h$$

$$A = \text{Luas penampang basah}$$

$$P = b + 2h$$

$$P = \text{Keliling basah}$$

$$R = A/P$$

$$R = \text{Jari - jari hidrolis}$$

Tabel 2.10 Angka kekasaran *manning* (n)

Macam Saluran	n
1. Saluran tertutup terisi sebagian	
- saluran pembuang lurus dari beton	0,013 - 0,017
- pasangan bata dilapisi semen	0,012 - 0,017
- pasangan batu kali di semen	0,015 - 0,030
2. Saluran dilapisi atau dipoles	
- pasangan batu, semen, dipolester	0,016 - 0,024
- beton dipoles	0,013 - 0,016
- pasangan batu kali di semen	0,014 - 0,035

Sumber : (Ven Te Chow, 1978)

2.7.4 Penampang Saluran

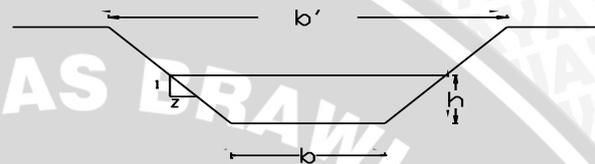
Penampang saluran pada daerah studi adalah penampang trapesium dan persegi. Perhitungan selengkapnya adalah sebagai berikut :

2.7.4.1 Saluran Trapesium

Saluran terbuka yang penampangnya berbentuk trapesium adalah yang paling banyak dijumpai di lokasi studi, baik yang merupakan saluran-saluran alam atau sungai, maupun saluran-saluran buatan. Untuk merencanakan penampang trapesium yang paling efisien digunakan rumus-rumus (Rangga Raju, 1986 :86) :

Cara perhitungan :

- $A = (b + zh)h$
- $P = b + 2h\sqrt{1 + z^2}$
- $R = \frac{(b+zh)h}{b+2h\sqrt{1+z^2}}$



Gambar 2.5 Penampang Saluran Trapesium

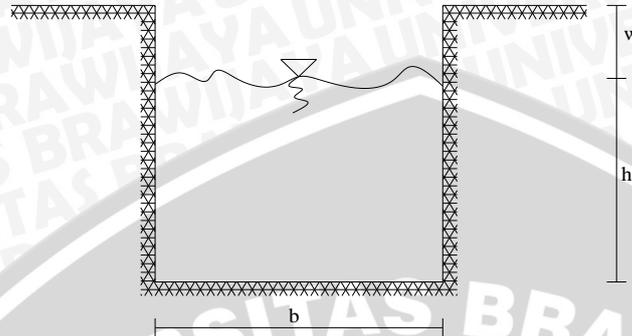
- Dengan :
- b = lebar saluran
 - h = dalam saluran tergenang air (m)
 - A = luas (m^2)
 - z = kemiringan saluran
 - P = keliling basah (m)
 - R = jari-jari hidrolis (m)

2.7.4.2 Saluran Persegi

Saluran terbuka yang mempunyai penampang berbentuk persegi pada umumnya merupakan saluran buatan. Di saluran-saluran alam hampir tidak ditemukan penampang berbentuk persegi kecuali pada sungai-sungai berbatu (cadas) sehingga tebingnya agak tegak. Sebagian saluran buatan juga tidak banyak dijumpai dibandingkan dengan saluran trapesium. Hal ini dikarenakan perbatasan dinding tegak memerlukan konstruksi yang lebih mahal dibandingkan dinding yang memiliki kemiringan lereng alam seperti berpenampang trapesium. Dengan makin diperlukannya jaringan drainase di kota-kota besar, saluran berpenampang persegi makin dipertimbangkan karena keterbatasan lahan.

Cara perhitungan :

- $A = b \times h$
- $P = b + 2h$
- $R = \frac{b \times h}{b + 2h}$



Gambar 2.6 Penampang Saluran Persegi

Dengan

b = lebar saluran (m)

y = dalam saluran tergenang air (m)

A = Luas (m^2)

P = Keliling Basah (m)

R = jari – jari hidrolis (m)

2.9 Konsep Ekodrainase

Banjir di kawasan perkotaan umumnya terjadi akibat sebagian besar bangunan di wilayah itu terbuat dari bahan-bahan yang menghalangi peresapan air ke dalam tanah. Akibatnya sebagian besar air hujan tidak bisa meresap ke dalam tanah, namun mengalir di permukaan sebagai air larian. Jika saluran drainasenya tidak mampu menampung air, maka pasti air hujan akan menggenangi wilayah kota tersebut. Namun, ada juga wilayah kota yang dilanda banjir meski hujan turun dalam waktu singkat serta tidak lebat. Hal ini terjadi karena sungai-sungai yang melewati kota itu meluap yang diakibatkan limpahan air hujan dari daerah di atasnya.

Drainase konvensional untuk permukiman atau perkotaan dibuat dengan cara membuat saluran-saluran lurus terpendek menuju sungai guna mengataskan kawasan tersebut secepatnya. Dalam konsep drainase konvensional, seluruh air hujan yang jatuh ke di suatu wilayah harus secepatnya dibuang ke sungai untuk kemudian dialirkan ke

laut. Jika hal ini dilakukan pada semua kawasan, akan memunculkan berbagai masalah, baik di daerah hulu, tengah, maupun hilir.

Kesalahan konsep drainase konvensional yang paling pokok adalah filosofi membuang air genangan secepat-cepatnya ke sungai. Dengan demikian, sungai-sungai akan menerima beban yang melampaui kapasitasnya, sehingga meluap atau terjadi banjir. Dampak dari pemakaian konsep drainase konvensional tersebut dapat kita lihat sekarang ini, yaitu kekeringan yang terjadi di mana-mana, juga banjir, longsor, dan pelumpuran. Dengan demikian, cadangan air tanah akan berkurang, kekeringan di musim kemarau akan terjadi. Dalam konteks inilah pemahaman bahwa banjir dan kekeringan merupakan dua fenomena yang saling memperparah dapat dengan mudah dimengerti.

Dampak selanjutnya adalah kerusakan ekosistem, perubahan iklim mikro dan makro disertai tanah longsor di berbagai tempat yang disebabkan oleh fluktuasi kandungan air tanah musim kering dan musim basah yang sangat tinggi.

Drainase ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya mengelola air kelebihan dengan cara sebesar-besarnya diresapkan ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya.

Dalam drainase ramah lingkungan, justru air kelebihan pada musim hujan harus dikelola sedemikian sehingga tidak mengalir secepatnya ke sungai. Namun diusahakan meresap ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau. Konsep ini sifatnya mutlak di daerah beriklim tropis dengan perbedaan musim hujan dan kemarau yang ekstrem seperti di Indonesia.

Berikut ini adalah beberapa metode drainase ramah lingkungan yang dapat dipakai di Indonesia yaitu, metode river side polder dan metode sumur resapan.

2.9.1 Sistem Polder

Sistem Polder adalah suatu cara penanganan banjir dengan bangunan fisik, yang meliputi sistem drainase, kolam retensi, tanggul yang mengelilingi kawasan, serta pompa dan / pintu air, sebagai satu kesatuan pengelolaan tata air tak terpisahkan. Tujuan dari pengembangan sistem Polder ini adalah untuk memberikan model pengendalian banjir perkotaan yang terpadu. Sistem Polder tersebut diadaptasi dari Negara Belanda dan Singapura.

Latar belakang dikembangkannya sistem Polder antara lain :

1. Pengembangan Kota - Kota pantai di Indonesia seperti Jakarta dan Semarang seringkali lebih didasarkan kepada kepentingan pertumbuhan ekonomi.
2. Pengembangan kawasan-kawasan ini menimbulkan banjir yang menunjukkan ketidakseimbangan pembangunan.
3. Perlu upaya peningkatan / Pengembangan aspek Teknologi dan Manajemen, untuk pengendalian banjir dan ROB di kota-kota pantai di Indonesia, untuk itu Sistem Polder dikembangkan karena menggunakan paradigma baru, yaitu :
 - a. Berwawasan lingkungan (environment oriented),
 - b. Pendekatan kewilayahan (regional based),
 - c. Pemberdayaan masyarakat pengguna

Keunggulan Sistem Polder

Sistem Polder mampu mengendalikan banjir dan genangan akibat aliran dari hulu, hujan setempat dan naiknya muka air laut (ROB).

Kelemahan Sistem Polder

1. Bekerjanya sistem ini sangat bergantung pada pompa. Jika pompa mati, maka kawasan akan tergenang.
2. Biaya operasi dan pemeliharaan relatif mahal.

