

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Drainase

Drainase berasal dari bahasa Inggris *Drainage* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air. Secara umum drainase dapat didefinisikan sebagai saluran yang dapat menampung debit air yang berasal dari air hujan, atau buangan air lainnya untuk mengurangi kelebihan air pada suatu kawasan ataupun lahan sehingga fungsi dari kawasan tersebut tidak terganggu oleh limpasan air permukaan (Suripin, 2004). Berdasarkan tujuan dan Sasarannya, drainase terbagi menjadi beberapa bagian salah satunya yaitu drainase perkotaan. Drainase perkotaan dititik fokuskan sebagai saluran aliran air dari wilayah perkotaan menuju saluran pembuang akhir menuju sungai yang melintasi daerah perkotaan (Wesli, 2008).

Bangunan dari sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*) dan badan air penerima (*receiving drain*) (Gunadharma, 1997 dalam (Nurhamidin et al., 2015)). Saat merencanakan saluran drainase diharuskan memperhatikan dan menyesuaikan dengan aspek-aspek yang berlaku agar tidak terjadi genangan air akibat limpasan air permukaan yang tidak mengalir atau tersalurkan kedalam saluran drainase.

2.2 Catchment Area

Catchment Area ataupun Daerah Tangkapan Air merupakan daerah cakupan/ tangkapan apabila terjadi hujan. Semakin besar catchment area maka semakin besar

pula debit yang terjadi. Prinsip dasar dari penentuan daerah tangkapan adalah dengan prinsip beda tinggi. Air akan mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Untuk kawasan yang cenderung datar pembagian catchment area dapat diasumsikan terbagi rata pada tiap sisi menuju saluran drainase. Untuk daerah-daerah berbukit, penentuan catchment area berpatokan pada titik tertinggi, yang kemudian akan mengalir ke tempat yang rendah berdasar alur topografi (Nurhamidin et al., 2015).

2.3 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (Suripin, 2004). Proses analisis hidrologi merupakan proses pengolahan data curah hujan, data luas dan bentuk pengaliran (*catchment area*), data kemiringan lahan/ beda tinggi, dan data tata guna lahan yang mempunyai arahan untuk mengetahui debit banjir rencana, curah hujan rerata, koefisien pengaliran, waktu konsentrasi dan intensitas hujan. Sehingga melalui analisis ini dapat dilakukan proses evaluasi terhadap saluran drainase yang ada (eksisting) (Suryaman, 2013)

2.3.1 Hujan Kawasan

Salah satu komponen terpenting dalam analisis hidrologi pada perencanaan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase adalah hujan. Hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka dalam suatu kawasan yang cakupannya sangat luas tidak bisa diwakili oleh satu titik pos pengukuran saja dan memerlukan titik pos pengukuran lainnya. Hujan kawasan dapat diperoleh dari data rata-rata curah hujan yang sudah direkap oleh pos pengukuran hujan yang berada di kawasan hujan tersebut (Suripin, 2004). Ada 3 cara yang dilakukan untuk menentukan curah

hujan rerata kawasan yaitu dengan menggunakan metode Rerata Aritmatik, *Polygon Thiessen* dan Isohyet.

2.3.1.1 Metode Rerata Aritmatika

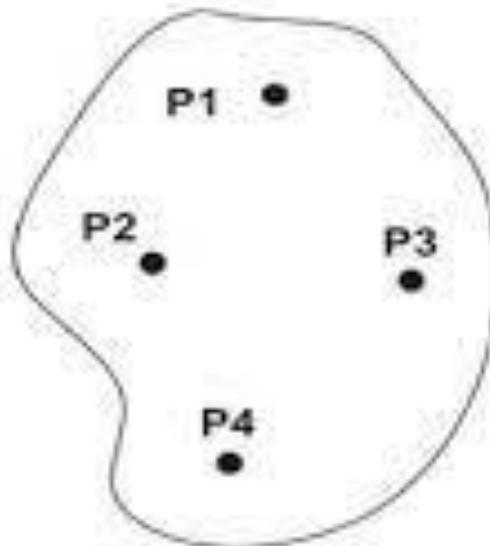
Metode Aritmatik merupakan metode yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata di suatu kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara, artinya metode ini memberikan hasil yang cukup baik jika penyebaran hujan merata serta hujan tidak terlalu bervariasi (Suripin, 2004).

$$\bar{p} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan :

\bar{p} = Hujan rerata Kawasan

n = Jumlah stasiun



Gambar 2.1 Hujan Kawasan Metode Aritmatik

(Sumber : *Google*)

2.3.1.2 Metode Polygon Thiessen

Metode Polygon Thiessen dikenal sebagai metode rata-rata timbang (weighted mean). Dengan cara ini dapat memberi proporsi luasan daerah pengaruh pos stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar hujan terdekat. Metode ini dilakukan apabila penyebaran stasiun hujan pada suatu daerah yang ditinjau tidak merata (Suripin, 2004).

Prosedur penerapan untuk membentuk metode Polygon Thiessen meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

1. Lokasi stasiun hujan diplot pada peta DAS yang akan ditinjau. Antar stasiun hujan ditarik garis lurus penghubung dan membentuk segitiga.
2. Garis berat dibuat dengan membuat garis tegak lurus tepat ditengah sisi segitiga tersebut.
3. Garis berat tersebut membentuk poligon thiessen yang mengelilingi tiap stasiun hujan. Tiap stasiun memiliki luasan yang terbentuk oleh polygon yang berada didekat batas DAS, garis batas DAS menjadi batas polygon.
4. Luas area pada tiap polygon diukur dan dikalikan dengan tinggi hujan di stasiun yang berada di dalam polygon lalu setelah dijumlahkan dibagi dengan total luas daerah yang ditinjau.

Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

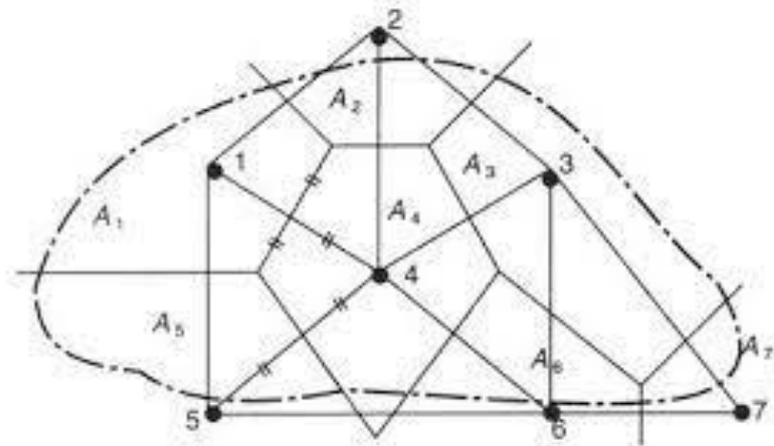
$$\bar{p} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + A_3P_3 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

Keterangan :

\bar{p} = hujan rerata kawasan

P_n = hujan di stasiun 1,2,..., n

A_n = luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,..., n



Gambar 2.2 Hujan Kawasan Metode Thiessen

(Sumber : *Google*)

2.3.1.3 Metode Isohyet

Metode isohyet merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata. Metode ini memperhitungkan secara aktual pengaruh setiap pos stasiun hujan dan beranggapan bahwa data hujan pada suatu daerah luasan diantara dua garis isohyet adalah merata dengan rerata dari nilai kedua garis isohyet tersebut (Suripin, 2004).

Metode isohyet terdiri dari beberapa langkah yaitu:

1. Setiap stasiun hujan di plot data kedalaman air hujan pada peta.

2. Buatkan interpolasi dari nilai tinggi hujan di stasiun yang berdampingan sesuai pertambahan nilai yang ditetapkan.
3. Hubungkan titik-titik interpolasi yang memiliki tinggi hujan sama sehingga dapat membuat kontur
4. Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan mengalikan nilai tinggi hujan rerata dari dua garis isohyet dengan masing-masing luas area yang ditinjau untuk mendapatkan tinggi hujan rerata di daerah tersebut.

Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

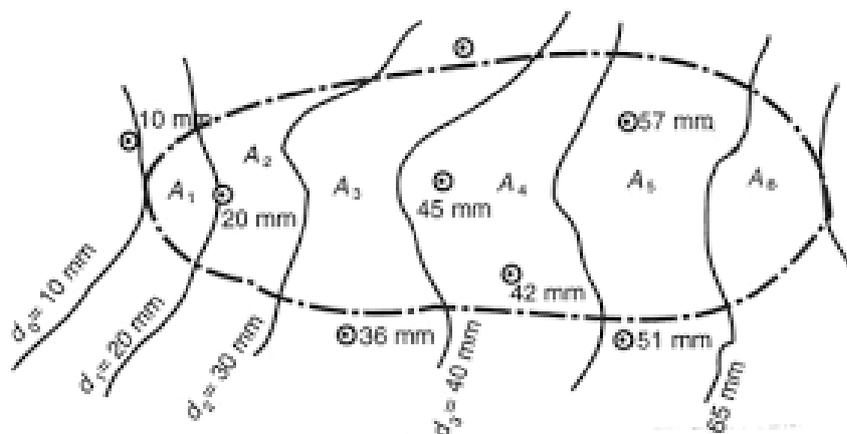
$$\bar{P} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + A_3 \frac{I_3 + I_4}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.3)$$

Keterangan:

\bar{P} = hujan rerata kawasan

I_n = hujan di stasiun 1,2,..., n

A_n = luas areal dari titik I



Gambar 2.3 Hujan Kawasan Metode Isohyet

(Sumber : Google)

2.3.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung dan terdistribusi secara acak serta bersifat stokastik. Analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh melalui pos stasiun hujan, baik secara manual maupun otomatis (Suripin, 2004).

Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia, maka semakin besar penyimpanan yang terjadi. Ada 4 (empat) jenis distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu (Suripin, 2004) :

2.3.2.1 Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal biasa disebut juga dengan Distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (PDF = probability density function) yang paling dikenal dengan bentuk bell dan dikenal sebagai distribusi normal. PDF distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan baku, diantaranya :

$$X_T = \mu + K_T \sigma \quad (2.4)$$

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad (2.5)$$

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \quad (2.6)$$

Keterangan:

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

X_T = 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.

Tabel 2.1 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1	1.001	0.999	-3.050
2	1.005	0.995	-2.580
3	1.010	0.990	-2.330
4	1.050	0.950	-1.640
5	1.110	0.900	-1.280
6	1.250	0.800	-0.840
7	1.330	0.750	-0,670
8	1.430	0.700	-0.520
9	1.670	0.600	-0.250
10	2.000	0.500	0.000
11	2.500	0.400	0.250
12	3.330	0.300	0.520
13	4.000	0.250	0.670
14	5.000	0.200	0.840
15	10.000	0,100	1.280
16	20.000	0.050	1.620
17	50.000	0.020	2.050
18	100.000	0.010	2.330
19	200.000	0.005	2.580
20	500.000	0.002	2.880
21	1.000.000	0,001	3.090

(Sumber : Drainase Perkotaan Suripin 2004)

2.3.2.2 Distribusi Log Normal

Distribusi log normal dapat digunakan saat nilai dari suatu variabel random tidak mengikuti distribusi normal, tetapi logaritmanya memenuhi distribusi normal. PDF (probability density function) untuk distribusi log normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (2.7)$$

Keterangan:

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

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

S = standar deviasi nilai variat

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang

$$\log X_T = \overline{\log x} + (K_T \times S_{\log x}) \quad (2.8)$$

$$\text{atau } Y_T = \bar{Y} + (K_T \times S_Y) \quad (2.9)$$

$$\text{atau } X_T = 10^{Y_T} \quad (2.10)$$

$$\bar{Y} = \overline{\log x} = \frac{1}{n} \times (\sum \log x) \quad (2.11)$$

$$S_y = S_{\log} \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \overline{\log x})^2}{(n-1)}} \quad (2.12)$$

$$C_s = \frac{n \times \sum (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S_y)^2} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Y_T = hujan maksimum dimana periode ulang T tahunan

\bar{Y} = curah hujan rata-rata dalam log x,

K_T = faktor frekuensi

S_y = standar deviasi

C_s = koefisien skewness

2.3.2.3 Distribusi Log-Person III

Parameter penting yang digunakan dalam metode Log Person III yaitu:

1. Harga rata-rata

$$\overline{\log x} = \frac{1}{n} \times (\sum \log x) \quad (2.14)$$

2. Standar deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \overline{\log x})^2}{(n-1)}} \quad (2.15)$$

3. Koefisien skewness

$$C_s = \frac{n \times \sum (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(s)^2} \quad (2.16)$$

4. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (2.17)$$

Dimana K adalah variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan atau skewness.

Tabel 2.2 Nilai K_T Metode Log Person Type III

No.	Koefisien Skewnes	Periode Ulang (tahun)						
		2	5	10	20	25	50	100
1	3	-0.396	0.42	1.18	2.003	2.278	3.152	4.501
2	2.8	-0.384	0.46	1.21	2.009	2.275	3.114	3.973
3	2.6	-0.368	0.499	1.238	2.013	2.267	3.071	3.889
4	2.4	-0.351	0.537	1.262	2.011	2.256	3.023	3.8
5	2.2	-0.333	0.574	1.264	2.006	2.24	2.97	3.705
6	2	-0.307	0.609	1.302	1.996	2.219	2.912	3.605
7	1.8	-0.282	0.643	1.318	1.981	2.193	2.848	3.499
8	1.6	-0.254	0.675	1.329	1.962	2.163	2.78	3.388
9	1.4	-0.225	0.705	1.337	1.938	2.128	2.706	3.271
10	1.2	-0.195	0.732	1.34	1.91	2.087	2.626	3.149
11	1	-0.164	0.758	1.34	1.877	2.043	2.542	3.022
12	0.8	-0.132	0.78	1.336	1.839	1.993	2.453	2.891
13	0.6	-0.099	0.8	1.328	1.797	1.939	2.359	2.755
14	0.4	-0.066	0.816	1.317	1.75	1.88	2.261	2.615
15	0.2	-0.033	0.83	1.301	1.7	1.818	2.159	2.472
16	0	0	0.842	1.282	1.645	1.751	2.054	2.326
17	-0.2	0.033	0.85	1.258	1.586	1.68	1.945	2.178
18	-0.4	0.066	0.855	1.231	1.524	1.606	1.834	2.029
19	-0.6	0.099	0.857	1.2	1.458	1.528	1.72	1.88
20	-0.8	0.132	0.852	0.856	1.166	1.389	1.448	1.733
21	-1	0.164	0.852	1.128	1.317	1.366	1.492	1.588
22	-1.2	0.195	0.844	1.086	1.243	1.282	1.379	1.449
23	-1.4	0.225	0.832	1.041	1.168	1.198	1.27	1.318
24	-1.6	0.254	0.817	0.994	1.049	1.116	1.197	1.197
25	-1.8	0.282	0.799	0.945	1.019	1.035	1.069	1.087
26	-2	0.307	0.777	0.895	0.949	0.959	0.98	0.99
27	-2.2	0.333	0.725	0.884	0.882	0.888	0.9	0.905
28	-2.4	0.351	0.725	0.795	0.819	0.823	0.83	0.832
29	-2.6	0.368	0.969	0.747	0.762	0.764	0.768	0.769
30	-2.8	0.384	0.384	0.666	0.702	0.711	0.712	0.714
31	-3.0	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.666	0.667

(Sumber : Drainase Perkotaan Suripin 2004)

2.3.2.4 Distribusi Gumbel

Metode Distribusi Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim X_1, X_2, \dots, X_n mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda. Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah:

$$X_T = \bar{X} + (K_T \times S_x) \quad (2.18)$$

$$K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad (2.19)$$

$$Y_T = -1 \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (2.20)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X_i) - (X_a \sum X_i)}{(n-1)}} \quad (2.21)$$

$$X_T = \bar{X} \frac{Y_T - Y_n}{S_n} S \quad (2.22)$$

Keterangan:

X_T = hujan maksimum dalam periode ulang T tahun

Y_t = reduce mean

Y_n = reduce mean

S_n = reduce standar deviasi

S_x = standar deviasi

X_i = harga besaran pada pengamatan

n = jumlah tahun pengamatan

X_n = harga besaran rata-rata

Tabel 2.3 Reduce Standard Deviation (Sn)

U	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.949	0.937	0.988	0.997	1.009	1.02	1.103	1.041	1.049	1.036
20	1.062	1.069	1.073	1.081	1.086	1.091	1.096	1.1	1.104	1.108
30	1.112	1.113	1.119	1.122	1.125	1.128	1.131	1.133	1.136	1.138
40	1.141	1.143	1.145	1.148	1.149	1.157	1.153	1.155	1.137	1.139
50	1.16	1.162	1.163	1.163	1.166	1.168	1.169	1.17	1.172	1.173
60	1.174	1.175	1.177	1.177	1.179	1.18	1.184	1.182	1.183	1.184
70	1.185	1.186	1.186	1.187	1.189	1.19	1.196	1.191	1.192	1.193
80	1.194	1.194	1.195	1.195	1.197	1.197	1.198	1.199	1.199	1.2
90	1.201	1.201	1.202	1.202	1.203	1.204	1.204	1.205	1.205	1.206
100	1.207	1.207	1.207	1.208	1.208	1.208	1.209	1.209	1.209	1.21
1000	1.27									

(Sumber : Drainase Perkotaan Duripin 2004)

Tabel 2.4 Return Periode as a function of Reduce Variate (Yt)

Periode ulang	Reduce variate
2	0.3665
5	14.999
10	22.502
25	31.985
50	39.019
100	46.001
1000	69

(Sumber : Drainase Perkotaan Suripin 2004)

Tabel 2.5 Reduce Mean (Yn)

U	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.495	0.499	0.503	0.507	0.51	0.51	0.513	0.52	0.522	0.522
20	0.523	0.523	0.526	0.528	0.53	0.53	0.532	0.533	0.535	0.535
30	0.536	0.537	0.538	0.538	0.54	0.54	0.541	0.541	0.543	0.543
40	0.543	0.544	0.544	0.545	0.546	0.546	0.546	0.547	0.548	0.548
50	0.546	0.549	0.549	0.549	0.55	0.5	0.55	0.551	0.551	0.551
60	0.532	0.552	0.552	0.553	0.553	0.553	0.553	0.554	0.554	0.554
70	0.534	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.556	0.556	0.556

U	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	0.536	0.557	0.557	0.557	0.557	0.558	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	0.56	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.561	0.5611
1000	0.575									

(Sumber : Drainase Perkotaan Suripin 2004)

Selanjutnya ditentukan jenis sebaran yang tepat (mendekati) dengan syarat-syarat batas tertentu seperti pada tabel 2.6 dibawah.

Tabel 2.6 Syarat-Syarat Batas Penentuan Sebaran

No.	Jenis Sebaran	Syarat
1	Distribusi Normal	$Cs = 0$ $Ck = 3$
2	Distribusi Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3	Distribusi Gumbel	$Cs = 1.14$ $Ck = 5.4$
4	Distribusi Log Person III	Selain dari nilai diatas

2.3.3 Uji Kecocokan Sebaran

Diperlukan parameter uji untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi. Pengujian yang dipakai untuk uji parameter yaitu Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogrov (Fairizi, 2015).

2.3.3.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji kecocokan Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X_2 , yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.23)$$

Keterangan:

χ_h^2 = harga chi-kuadrat

O_i = jumlah data yang teramati terdapat pada sub kelompok ke-i

E_i = jumlah data yang secara teoritis terdapat pada sub kelompok ke-i

G = jumlah sub kelompok

Nilai χ^2 yang diperbolehkan harus lebih kecil dari nilai χ_{cr}^2 (Chi-Kuadrat kritik), untuk suatu derajat nyata tertentu, yang sering diambil 5%. Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan:

$$dK = n - 3 \quad (2.24)$$

Keterangan:

dK = derajat kebebasan

n = banyaknya data

2.3.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Metode uji Smirnov-Kolmogorov mencakup perbandingan antara probabilitas kumulatif lapangan dan distribusi kumulatif fungsi yang ditinjau. Uji kecocokan ini sering disebut uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pelaksanaan diantaranya:

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

$$X_1 \rightarrow P(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P(X_n)$$

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :

$$X_1 \rightarrow P'(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P'(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P'(X_n)$$

3. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum } [P(X_n) - P'(X_n)]$$

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov – Kolmogorov test), tentukan harga D_0 .

Tabel 2.7 Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov – Kolmogorov

N	Level of Significance (a)			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29

N	Level of Significance (a)			
	0.2	0.1	0.05	0.01
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.18	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	<u>1.07</u>	<u>1.14</u>	<u>1.22</u>	<u>1.36</u>
	\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}

(Sumber : Drainase Perkotaan Suripin 2004)

2.3.4 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan yaitu semakin singkat waktu hujan berlangsung maka intensitasnya cenderung semakin tinggi dan semakin besar periode ulangnya semakin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas – Durasi – Frekuensi (*IDF = Intensity – Duration – Frequency Curve*). Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit untuk membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari pos stasiun hujan otomatis. Selanjutnya berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu dari persamaan berikut (Suripin, 2004) :

a. Rumus Talbot

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

$$I = \frac{a}{t+b} \quad (2.25)$$

Keterangan:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a & b = konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi

b. Rumus Sherman

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

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (2.26)$$

Keterangan:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

n = konstanta

c. Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad (2.27)$$

Keterangan:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a & b = konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi

d. Rumus Mononobe

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

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.28)$$

Keterangan:

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

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

2.4 Analisis Hidraulika Saluran

2.4.1 Aliran Saluran Terbuka

Aliran dalam saluran terbuka yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas (*free surface flow*) atau aliran saluran terbuka (*open channel flow*). Permukaan bebas mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Saluran terbuka berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan ataupun air hujan. Contoh saluran terbuka diantaranya : sungai, saluran irigasi, drainase, talud dan estuari (Suripin, 2004). Persamaan Bernoulli untuk aliran terbuka dalam saluran yaitu:

$$h_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad (2.29)$$

Keterangan:

h = ketinggian (m)

P = tekanan hidrostatik (N/m²)

ρ = kerapatan massa air (kg/m^3)

V = kecepatan aliran (m/detik)

g = gaya gravitasi (m/detik^2)

2.4.2 Aliran Saluran Tertutup

Aliran saluran tertutup memungkinkan adanya permukaan bebas dan aliran dalam pipa (*pipe flow*) atau aliran tertekan (*pressurized flow*). Saluran tertutup kemungkinan dapat terjadi aliran bebas maupun aliran tertekan pada saat yang berbeda. Saluran ini bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa). Hal ini dikarenakan tuntutan artistik atau tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang dan lain-lain. Saluran ini umumnya sering dipakai untuk aliran kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau saluran yang terletak di tengah kota. Contoh saluran tertutup antara lain: terowongan, pipa, aquaduct, gorong-gorong dan siphon.

Persamaan bernoulli untuk aliran tetutup dalam saluran yaitu:

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad (2.30)$$

Keterangan:

h = ketinggian (m)

V = kecepatan aliran (m/detik)

g = gaya gravitasi (m/detik^2)

Dalam aliran fluida pipa akan mengalami gesekan antara air dengan pipa. Besarnya gesekan ini tergantung pada viskositas dari kecepatan aliran. Untuk mengatasi gesekan didalam mekanika fluida diterapkan kehilangan energi (h_f). Hubungan kehilangan energi (h_f) dengan kecepatan aliran dan gaya kekentalan (viskositas) diberikan rumus Darcy-Weisbach sebagai berikut.

$$h_f = \frac{f l V_2^2}{2gd} \quad (2.31)$$

Keterangan:

f = koefisien gesekan

l = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran (m/detik)

d = diameter pipa (m)

g = gaya gravitasi (m/detik)

2.4.3 Kapasitas Saluran

Besarnya kapasitas saluran drainase ditentukan berdasarkan dimensi saluran pada peta jaringan drainase. Kapasitas saluran dapat dihitung dengan rumus kontinuitas sebagai berikut (Nurhamidin et al., 2015):

$$Q = V \cdot A \quad (2.32)$$

Keterangan:

Q = debit aliran ($m^3/detik$)

A = luas penampang saluran (m^2)

V = kecepatan aliran (m/detik)

2.4.4 Kecepatan Aliran

Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar konstruksi saluran tetap aman dan tidak menimbulkan endapan dalam saluran. Sedangkan kecepatan maksimum yang diperbolehkan tidak akan menimbulkan penggerusan pada bahan saluran (Tejakusuma, 2018)

Tabel 2.8 Kecepatan yang Diizinkan Sesuai dengan Jenis Materialnya

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air Diizinkan
Pasir halus	0.45
lempung kepasiran	0.50
Lanau alluvial	0.60
Kerikil halus	0.75
Lempung kokoh	0.75
Lempung padat	1.10
Kerikil kasar	1.20
Batu-batu besar	1.50
Pasangan bata	1.50
Beton	1.50
Beton bertulang	1.50

(Sumber : Hasmar 2012)

Penentuan kecepatan aliran air dalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar konstruksi saluran tetap aman.

Persamaan Manninng sebagai berikut:

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2.33)$$

Keterangan:

V = kecepatan aliran (m/detik)

n = koefisien kekasaran manning

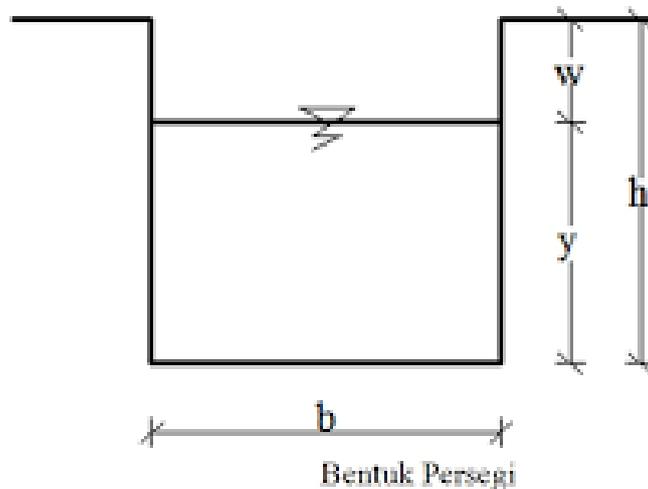
R = jari-jari hidrolis

S = kemiringan memanjang saluran

2.4.5 Penampang Saluran

Penampang 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. Menentukan dimensi penampang melintang saluran dengan berbagai macam bentuk adalah sebagai berikut (Suripin, 2004):

a. Penampang Berbentuk Persegi



Gambar 2.4 Saluran Bentuk Persegi

Penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan kedalam air y, maka:

$$A = B \times y \text{ atau } B = \frac{A}{y} \quad (2.34)$$

$$P = B + 2y \quad (2.35)$$

Jika disubstitusikan maka,

$$P = \frac{A}{y} + 2y \quad (2.36)$$

Dengan asumsi luas penampang A adalah konstan, maka persamaan dapat didiferensialkan terhadap y dan dibuat sama dengan nol untuk memperoleh harga P minimum.

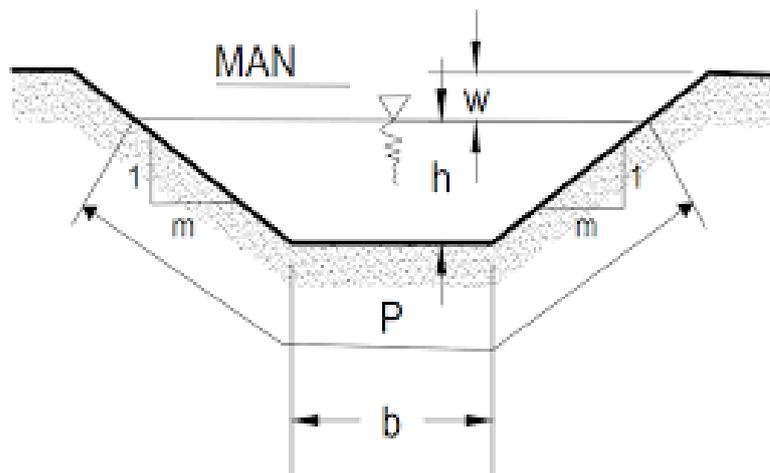
$$\frac{\partial P}{\partial h} = -\frac{A}{y^2} + 2 = 0 \quad (2.37)$$

$$A = 2y^2 = B \times y \text{ atau } B = 2y \text{ atau } y = \frac{B}{2} \quad (2.38)$$

Maka, Jari-jari hidraulik persegi:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{By}{B+2y} \text{ atau } R = \frac{2y^2}{2y+2y} = \frac{y}{2} \quad (2.39)$$

b. Penampang Berbentuk Trapesium



Gambar 2.5 Saluran Bentuk Trapesium

Luas penampang melintang A, keliling basah P, saluran dengan penampang melintang yang berbentuk trapesium dengan lebar dasar B, kedalaman aliran h dan kemiringan dinding 1 m, maka:

$$A = (B+mh)h \quad (2.40)$$

$$P = B+2h\sqrt{m^2 + 1} \text{ atau } B = P-2h\sqrt{m^2 + 1} \quad (2.41)$$

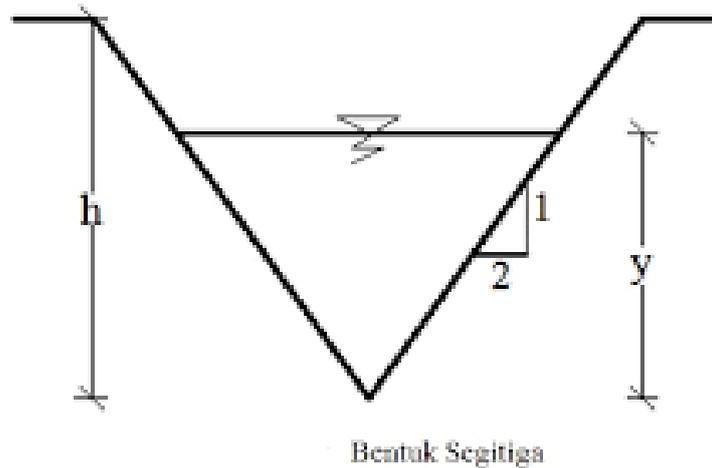
Jika nilai B disubstitusikan pada A maka:

$$A = (P - 2h\sqrt{m^2 + 1})h + mh^2 \text{ atau } A = Ph - 2h^2\sqrt{m^2 + 1} + mh^2 \quad (2.42)$$

Maka, jari-jari hidraulik trapesium:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(B+mh)h}{B+2h\sqrt{m^2+1}} \quad (2.43)$$

c. Penampang Berbentuk Segitiga



Gambar 2.6 Saluran Bentuk Segitiga

Luas penampang melintang A, keliling basah P dan kedalaman aliran h, maka:

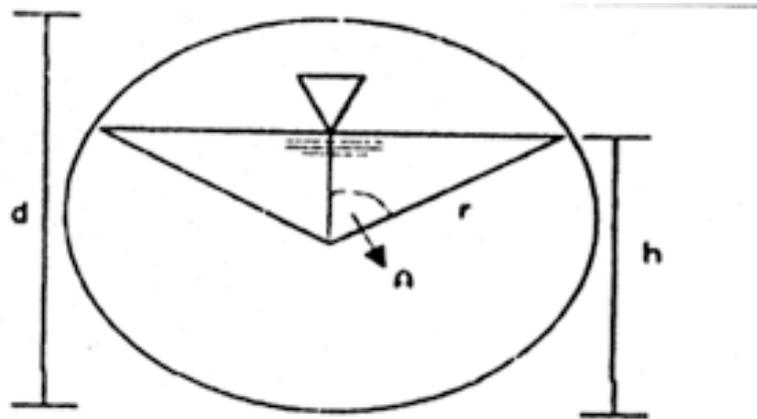
$$A = mh^2 \quad (2.44)$$

$$P = mh\sqrt{m^2 + 1} \quad (2.45)$$

Maka, jari-jari hidraulik segitiga:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{mh^2}{mh\sqrt{m^2+1}} \quad (2.46)$$

d. Penampang Berbentuk Lingkaran



Gambar 2.7 Saluran Bentuk Lingkaran

Luas penampang melintang A , keliling basah P dan jari-jari hidraulik R , maka:

$$A = \frac{1}{2}(\theta - \sin \theta)d_0^2 \quad (2.47)$$

$$P = \frac{1}{2}\theta d_0^2 \quad (2.48)$$

$$R = \frac{1}{4}(1 - \sin \theta)d_0 \quad (2.49)$$

2.4.6 Kekasaran Saluran

Koefisien kekasaran saluran tergantung dari macam-macam jenis saluran, baik berupa saluran tanah maupun dengan pasangan, besarnya koefisien manning dapat mengacu pada tabel 2.9

2.4.7 Kemiringan Dasar Saluran

Kemiringan dasar saluran arah memanjang dipengaruhi kondisi topografi serta tinggi tekanan yang diperlukan untuk adanya pengaliran sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Kemiringan dasar saluran maksimum yang diperbolehkan adalah 0.005 – 0.008 tergantung bahan saluran yang digunakan. Kemiringan yang lebih curam dari 0.002 bagi tanah lepas sampai dengan 0.005 untuk tanah padat akan menyebabkan erosi (penggerusan) (Hasmar & HA, 2002), kemiringan dasar saluran yang ideal dapat diperoleh berdasarkan rumus Manning ($V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$)

Tabel 2.9 Koefisien Kekasaran Manning (n) Sesuai Kondisi Saluran

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
I	Saluran Buatan				
1.	Saluran tanah, lurus teratur	0.017	0.020	0.-23	0.025
2.	Saluran tanah, yang dibuat dengan excavator	0.023	0.028	0.030	0.040
3.	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0.023	0.030	0.033	0.035
4.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0.035	0.040	0.045	0.045
5.	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0.025	0.030	0.035	0.040

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0.028	0.030	0.033	0.035
7.	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0.020	0.025	0.028	0.030
II	Saluran Alam				
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0.025	0.028	0.030	0.033
9.	Seperti no.8 tapi ada tumbuhan atau kerikil	0.030	0.033	0.035	0.040
10.	Melengkung, bersih, berlubang, dan berdinding, pasir	0.033	0.035	0.040	0.045
11.	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0.040	0.045	0.050	0.055
12.	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuhan	0.035	0.040	0.045	0.050
13.	Seperti no.11, sebagian berbatu	0.045	0.050	0.055	0.060
14.	Aliran pelan, banyak tumbuhan dan berlubang	0.050	0.060	0.070	0.080
15.	Banyak tumbuh-tumbuhan	0.075	0.100	0.125	0.150
III	Saluran Batuan, Beton atau Batu Kali				
16.	Saluran pasangan batu, tanpa finishing	0.025	0.030	0.033	0.035
17.	Seperti no.16, tapi dengan finishing	0.017	0.020	0.025	0.030
18.	Saluran beton	0.014	0.016	0.019	0.021
19.	Saluran beton halus dan rata	0.010	0.011	0.012	0.013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0.013	0.014	0.014	0.015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0.015	0.016	0.016	0.018

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum 2005)

2.5 Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan (surface runoff) yang merupakan air hujan yang mengalir diatas permukaan lahan yang akan masuk ke parit-parit atau drainase yang kemudian aliran air tersebut menuju anak sungai dan akhirnya menjadi aliran air sungai. Debit air limpasan terdiri dari tiga komponen yaitu koefisien runoff (C), data intensitas curah hujan (I) dan catchment area (Triatmodjo, 2009).

Koefisien yang digunakan dapat menunjukkan berapa banyak bagian air hujan yang harus dialirkan menuju saluran drainase karena tidak mengalami penyerapan kedalam tanah (infiltrasi). Koefisien ini berskisar antara 0-1 yang disesuaikan dengan kepadatan penduduk di daerah tersebut, apabila penduduk semakin padat maka koefisien runoffnya akan semakin besar sehingga debit air yang harus dialirkan oleh saluran drainase tersebut akan semakin besar.

2.5.1 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan debit banjir maksimum dari suatu saluran yang besarnya didasarkan oleh periode ulang tahun tertentu. Dalam suatu analisis bangunan infrastruktur seperti bangunan air, kapasitas air, kapasitas sungai, pembuatan bendung, bendungan, jembatan, saluran drainase dan lain-lain yang paling penting adalah perhitungan debit banjir rencana (Nasional et al., 2016)

Metode yang dilakukan untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yaitu metode rasional. Debit puncak yang diakibatkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan kecil dapat diperkirakan dengan menggunakan metode rasional. Metode ini hanya digunakan pada daerah pengalir yang kecil atau sekitar 500 ha. Standar perencanaan saluran drainase dapat mengacu pada tabel 2.10

Tabel 2.10 Standar Perencanaan Saluran Drainase

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (Tahun)	Metode perhitungan debit banjir
<10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional
101-500	5-50	Rasional
>500	10-25	Hidrograf Satuan

(Sumber : Suripin 2004)

Perencanaan drainase perkotaan pada umumnya menggunakan metode rasional karena sangat sederhana. Rumus metode rasional yaitu:

$$Q = 0.00278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2.50)$$

Keterangan:

Q = debit aliran air limpasan (m³/detik)

C = koefisien run off

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

0.00278 = konstanta dalam perencanaan saluran drainase

2.5.2 Koefisien Limpasan (*Runoff*)

Koefisien limpasan untuk drainase perkotaan sangat dipengaruhi oleh daerah kedap air dan mempunyai rumus yaitu:

$$C = 0.91m + (1-1_m) C_p \quad (2.51)$$

Keterangan:

C_p = koefisien runoff untuk daerah tidak kedap air

I_m = rasio kedap air

Tabel 2.11 *Koefisien Runoff dan Persentase Kedap Air*

Tata guna lahan	Karakteristik	C	Im(%)	Keterangan
Pusat perbelanjaan dan perkantoran		0.90	100	
Industry	Bangunan Penuh	0.80	80	Berkurang untuk bangunan tidak penuh.
Pemukiman (kepadatan menengah-tinggi)	20 rmh/ha	0.48	30	Bandingkan daerah kedap air dengan daerah lain
	30 rmh/ha	0.55	40	
	40 rmh/ha	0.65	60	
	60 rmh/ha	0.75	75	
Permukiman (kepadatan rendah)	10 rmh/ha	0.40	<20	CN=85 (Curve Number)
Taman	Daerah datar	0.30	0	
Pedesaan	Tanah berpasir		0	C = 0.20; CN = 60
	Tanah berat (heavy soil)		0	C = 0.35; CN = 75
	Daerah irigasi		0	C = 0.50; CN = 85

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, SNI 2415-2016)

2.5.3 Waktu Konsentrasi

Lama hujan (time of concentration) t_c dianggap lamanya hujan yang menimbulkan debit banjir dan t_c dapat dihitung dengan rumus (Suripin, 2004) :

$$t_c = (0,87 \times L^2 / 1000 \times S)^{0,385} \quad (2.52)$$

Keterangan:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik ditinjau (km)

S = kemiringan rata-rata daerah lintasan air

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen yaitu:

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

Sehingga dapat dirumuskan dengan:

$$t_c = t_o + t_d \quad (2.53)$$

Dimana

$$t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3.28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \quad (2.54)$$

dan

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \quad (2.55)$$

Keterangan:

Nn = angka kekasaran manning

S = kemiringan lahan

L = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

L_s = panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)

V = kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

2.5.4 Intensitas Hujan

Intensitas hujan mempunyai pengaruh terhadap limpasan permukaan yang sangat bergantung pada laju infiltrasi, maka akan terjadi limpasan permukaan sejalan dengan peningkatan intensitas curah hujan. Namun, peningkatan limpasan permukaan tidak selalu sebanding dengan meningkatnya intensitas hujan dikarenakan adanya genangan yang terjadi dipermukaan tanah. Debit maupun volume limpasan sangat berpengaruh pada intensitas hujan. (Suripin, 2004).

2.5.5 Luas Daerah Pengaliran

Luas daerah pengaliran merupakan aliran yang jatuh kedalam suatu daerah tangkapan air yang luas daerah pengalirannya dihitung berdasarkan catchment area tersebut yang masuk menjadi beban ke saluran drainase (Rahmat, 2017).

2.6 Pemodelan Drainase dengan Program EPA SWMM 5.1

Environmental Protection Agency Storm Water Management Model 5.1 (EPA SWMM 5.1) merupakan pemodelan yang digunakan untuk merencanakan, menganalisis dan mendesain suatu model yang berhubungan dengan limpasan air hujan dan sistem drainase perkotaan. SWMM adalah model simulasi dinamis hubungan antara curah hujan dan limpasan (rainfall-runoff). Model ini digunakan untuk mensimulasikan kejadian hujan tunggal atau berkelanjutan dalam waktu lama, baik berupa volume limpasan maupun kualitas air, terutama pada suatu daerah perkotaan (Rossman, 2010)

Kegunaan program SWMM ini diantaranya sebagai perencanaan dan dimensi jaringan pembuang untuk pengendalian banjir serta perencanaan daerah penahan

sementara untuk pengendalian banjir. Objek pada EPA SWMM 5.1 meliputi (Zarkani et al., 2016):

1. Pengukur Hujan (Rain Gage)

SWMM menggunakan obyek rain gage untuk menampilkan input data ke sistem. Rain gage menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih daerah tangkapan air pada stui wilayah (Manual EPA SWMM 5.1)

2. Daerah Tangkapan Air (Subcatchment)

Subcatchment adalah unit hidrologi dari tanah dimana topografi dan elemen sistem drainase menunjukkan permukaan limpasan pada satu titik pelepasan. Data yang diperlukan diantaranya rain gage, outlet, luas, lebar, % lahan kedap air, % kemiringan subcatchment, N-Imperv dan N-Pervious serta metode infilltrasi (Manual EPA SWMM 5.1).

3. Junction

Junction dapat menampilkan pertemuan dari saluran permukaan alami, lubang got dari sistem pembuangan, atau pipa penghubung. Data yang diperlukan diantaranya elevasi dan kedalaman maksimum (Manual EPA SWMM 5.1).

4. Pembuang (*outfall*)

Outfall adalah titik terminal dari sistem drainase biasanya ditetapkan akhir dari batas hilir dengan menginputkan data elevasi dan saluran pembunag (Manual EPA SWMM 5.1).

5. Flow Divider

Flow divider merupakan sistem drainase dimana inflow dialihkan pada conduit tertentu. Sebuah *flow divider* dapat memiliki tidak lebih dari dua conduit pada satu sistemnya (Manual EPA SWMM 5.1).

6. Unit Penyimpanan (*Storage units*)

Storage units adalah penyediaan volume tampungan dan berkapasitas sekecil kolam maupun sebesar danau. Volumetrik dari unit tampungan dibuat dari fungsi atau label dari area permukiman dan tinggi (Manual EPA SWMM 5.1).

7. Saluran (*Conduit*)

Conduit merupakan saluran yang mengalirkan air. SWMM menggunakan rumus Manning untuk menyatakan hubungan antara debit (Q), luas penampang (A), jari-jari hidraulik (R) dan kemiringan (S) (Manual EPA SWMM 5.1).

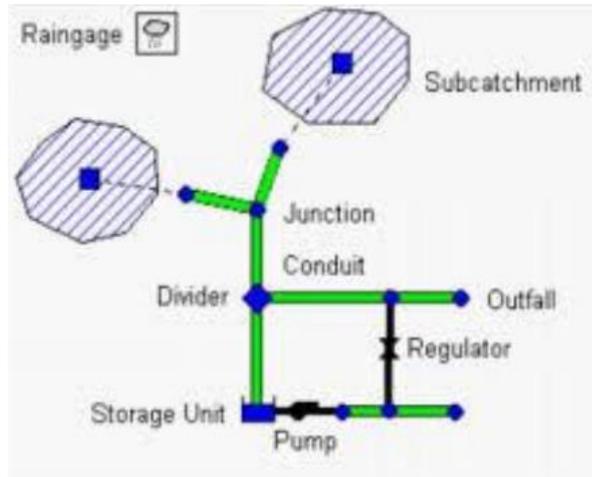
8. Pompa (*Pumps*)

Pumps digunakan untuk menaikkan atau meninggikan elevasi air. Kapasitas sebuah pompa direpresentasikan dalam kurva pompa (Manual EPA SWMM 5.1).

9. *Flow Regulators*

Flow regulators merupakan struktur atau sarana yang digunakan untuk mengontrol atau mengalihkan aliran (Manual EPA SWMM 5.1).

Penjelasan dari objek-objek diatas dijabarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.8 Visualisasi Objek untuk Memodelkan Sistem Drainase

2.7 Konsep Penanganan Masalah Drainase Perkotaan

Konsep penanganan banjir drainase perkotaan untuk mencegah kerusakan lingkungan dan mengurangi kerugian akibat banjir diperlukan sistem perencanaan dan pengembangan atau perbaikan sistem saluran drainase. Perbaikan sistem drainase di daerah perkotaan pada umumnya mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut (Suripin, 2004):

1. Mempelajari sistem drainase yang sudah ada saat ini;
2. Merumuskan rencana perbaikan sistem drainase;
3. Perencanaan fasilitas drainase, seperti saluran drainase, tanggul, gorong-gorong, kolam retensi, stasiun pompa dan lain-lain;
4. Pelaksanaan pekerjaan;
5. Operasi dan pemeliharaan fasilitas drainase.

2.7.1 Long Storage

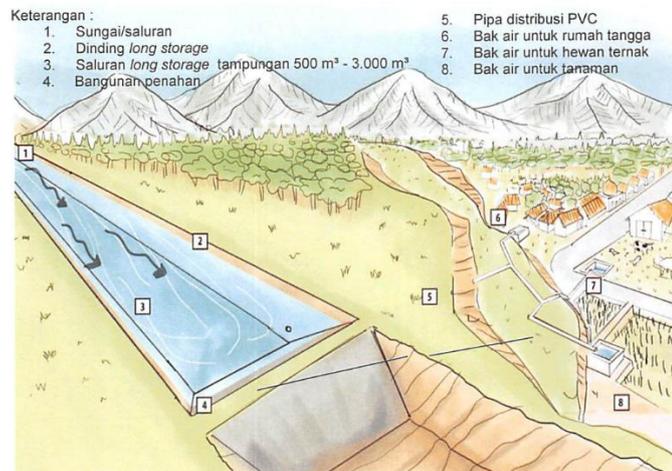
Long storage adalah bangunan penahan air yang berfungsi menyimpan air dalam sungai, kanal dan/ atau parit pada lahan yang relatif datar dengan cara menahan aliran untuk menaikkan permukaan air sehingga volume tampungan

airnya meningkat. *Long storage* menampung air dari berbagai aliran permukaan misalnya sungai, mata air, dan limpasan saluran pembuang irigasi maupun saluran drainase. (Rakyat, 2018)

Long storage mempunyai kriteria sebagai berikut:

- a) Volume tampungannya berkisar antara 500 – 3.000 m³.
- b) Ketinggian tanggul maksimum adalah 3 m.
- c) Kemiringan saluran lebih kecil dari 5 %.

Apabila kondisi tidak memungkinkan untuk dibangunnya *long storage* selebar 10 m namun volume air yang tertampung berada di antara 500 – 3.000 m³ dan ukuran sisi panjangnya jauh lebih panjang daripada sisi lebarnya, bangunan penampung tersebut tetap dikategorikan sebagai *long storage*.



Gambar 2.9 Long Storage dan Komponennya

(sumber : Pedoman Penampungan Air)

2.7.2 Kolam Retensi

Kolam retensi adalah prasarana drainase yang berfungsi untuk menampung dan meresapkan air hujan di suatu wilayah (Karya, 2012). Berdasarkan kedua fungsi

tersebut kolam retensi menjadi alternative unggulan dalam hal penanganan dan pengendalian banjir. Kolam retensi juga berfungsi untuk mengontrol parameter debit puncak dan waktu penuntasan, yaitu dengan memotong debit puncak banjir yang terjadi (Harmani & Soemantoro, 2017).

Volume tampungan dihitung berdasarkan hidrograf banjir yang masuk ke kolam. Perencanaan kapasitas kolam berdasarkan pada perhitungan debit banjir rencana yang masuk ke kolam dari saluran (inlet) dan debit rencana yang keluar (Florince et al., 2015). Penelusuran aliran adalah prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf aliran) di suatu titik pada aliran berdasarkan hidrograf yang diketahui sebelah hulu. Penelusuran kolam datar (level pool routing) merupakan prosedur menghitung hidrograf aliran keluar dari kolam yang mempunyai permukaan air horizontal (Triatmodjo, 2009).



Gambar 2.10 Kolam Retensi

(sumber : Pedoman Tata Cara Drainase Perkotaan)