

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase Perkotaan

Drainase yang berasal dari kata bahasa Inggris *drainage* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/ lahan, sehingga fungsi kawasan tidak terganggu (Suripin, 2004.p. 7). Drainase yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase disini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air dan banjir. Kegunaan dengan adanya saluran drainase ini antara lain :

1. Meringankan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
2. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
3. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
4. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir

Prinsip dasar drainase perkotaan yaitu air hujan yang jatuh di suatu daerah perlu ditampung, diresapkan dan dialirkan dengan cara pembuatan tampungan, fasilitas resapan dan saluran drainase. Sistem saluran drainase di atas selanjutnya dialirkan ke sistem yang lebih besar yaitu ke badan air penerima (Menteri Pekerjaan Umum, 2014).

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. Suripin (2004. p. 8).

Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi :

1. Permukiman
2. Kawasan industri dan perdagangan
3. Kampus dan sekolah
4. Rumah sakit dan fasilitas umum
5. Lapangan olahraga
6. Lapangan parkir
7. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi
8. Pelabuhan udara.

Prasarana dan sarana drainase perkotaan terdiri dari bangunan-bangunan seperti berikut:

1. Saluran Terbuka
2. Saluran Tertutup
3. Gorong-gorong
4. Siphon Drainase
5. Bangunan Terjun
6. Tanggul
7. Bangunan Penangkap Air
8. Pintu Air
9. Kolam Retensi
10. Kolam Tandon
11. Kolam detensi
12. Pompa
13. Rumah Pompa
14. *Trash Rack*
15. Sumur Resapan
16. Kolam Resapan
17. Jalan Inspeksi
18. Daerah sempadan
19. Bak Pemeriksaan/*Man Hole*
20. Tali Air/*Inlet Street*

2.1.1. Fungsi Drainase Perkotaan

Fungsi Drainase Perkotaan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2014 yaitu :

- Fungsi Drainase Perkotaan Secara Umum
 1. Mengeringkan bagian wilayah kota dari genangan air sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.
 2. Mengalirkan air permukaan ke badan air penerima terdekat secepatnya.
 3. Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
 4. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah (konservasi air).
 5. Melindungi prasarana dan sarana perkotaan yang sudah terbangun
- Fungsi Drainase Perkotaan Berdasarkan Fungsi Layanan yaitu :
 1. Sistem drainase lokal

Yang dimaksud sistem drainase lokal adalah saluran awal yang melayani suatu kawasan kota tertentu seperti komplek, areal pasar, perkantoran, areal industri dan komersial. Pengelolaan sistem drainase lokal menjadi tanggung jawab masyarakat, pengembang/pengelola kawasan atau instansi lainnya.
 2. Sistem drainase utama

Yang dimaksud sistem drainase utama adalah jaringan saluran drainase primer, sekunder, tersier beserta bangunan pelengkap yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat. Pengelolaan sistem drainase utama merupakan tanggung jawab pemerintah kabupaten/kota.
 3. Pengendalian banjir (*Flood Control*)

Pengendalian banjir adalah usaha untuk mengendalikan air sungai yang melintasi wilayah kota, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan kehidupan manusia. Pengelolaan/pengendalian banjir merupakan tugas dan tanggung jawab dinas pengairan (Sumber Daya Air).
- Fungsi Drainase Perkotaan Berdasarkan Fisiknya :
 1. Saluran primer adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran sekunder dan menyalurkannya ke badan air penerima
 2. Saluran sekunder adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran tersier dan menyalurkannya ke saluran primer

3. Saluran tersier tersier adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran penangkap menyalurkannya ke saluran sekunder

Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran, dan lain-lain. Berikut standar desain saluran drainase berdasarkan “Pedoman Drainase Perkotaan dan Standar Desain Teknis” ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode ulang (tahun)	Metode perhitungan debit banjir
<10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional
101-500	5-20	Rasional
>500	10-25	Hidrograf satuan

Sumber: Suripin (2004. p. 241)

2.2. Konsep Drainase Berwawasan Lingkungan

Konsep drainase konvensional (paradigma lama) adalah upaya membuang atau mengalirkan air kelebihan secepatnya ke sungai terdekat. Dalam konsep drainase konvensional, seluruh air hujan yang jatuh di suatu wilayah, harus secepatnya dibuang ke sungai dan seterusnya ke laut. Dampak dari konsep ini adalah kekeringan yang terjadi di mana-mana, banjir, dan juga longsor. Dampak selanjutnya adalah kerusakan ekosistem, perubahan iklim mikro dan makro serta tanah longsor di berbagai tempat yang disebabkan oleh fluktuasi kandungan air tanah pada musim kering dan musim basah yang sangat tinggi. Konsep pengatusan ini masih dipraktekkan masyarakat sampai sekarang. Pada setiap proyek drainase, dilakukan upaya untuk membuat alur-alur saluran pembuang dari titik genangan ke arah sungai dengan kemiringan yang cukup untuk membuang sesegera mungkin air genangan tersebut. (Menteri Pekerjaan Umum, 2014).

Dalam drainase ramah lingkungan, justru air kelebihan pada musim hujan harus dikelola sedemikian rupa sehingga tidak mengalir secepatnya ke sungai. Namun diusahakan meresap ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau. Drainase ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya mengelola air kelebihan dengan cara meresapkan sebanyak-banyaknya air ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan air ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya (Menteri Pekerjaan Umum, 2014).

Dalam prinsip drainase ramah lingkungan dilakukan upaya untuk mengelola air kelebihan (air hujan) dengan berbagai metode diantaranya dengan menampung melalui bak tandon air, menampung dalam tampungan buatan atau badan air alamiah, meresapkan dan mengalirkan ke sungai terdekat tanpa menambah beban pada sungai yang bersangkutan, air tersebut dapat langsung dimanfaatkan atau dimanfaatkan pada musim berikutnya misalnya untuk sumber air bersih, dapat digunakan untuk mengisi/konservasi air tanah, dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas ekosistem dan lingkungan, dan dapat digunakan sebagai sarana untuk mengurangi genangan dan banjir yang ada, serta senantiasa memelihara sistem tersebut sehingga berdaya guna secara berkelanjutan.

Ada beberapa metode drainase ramah lingkungan yang dapat dipakai di Indonesia, diantaranya adalah metode kolam konservasi, metode sumur resapan, metode *river side polder* dan metode pengembangan areal perlindungan air tanah (*ground water protection area*) (Menteri Pekerjaan Umum, 2014).

2.3 Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi tidak hanya diperlukan dalam perencanaan berbagai bangunan air seperti : bendungan, bangunan pengendali banjir, dan bangunan irigasi, tetapi juga diperlukan untuk bangunan jalan raya, lapangan terbang, dan bangunan lainnya.

2.3.1 Pengukuran Data Hujan

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisis hidrologi pada perencanaan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Untuk berbagai kepentingan perencanaan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data harian, akan tetapi juga distribusi jam-jaman atau menitan. Hal ini akan membawa konsekuensi dalam pemilihan data, dan diajarkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis. Maka dalam penelitian ini data hujan yang digunakan adalah curah hujan harian pada tiap bulan selama 10 tahun di dua stasiun pengukuran hujan.

2.3.2 Estimasi Data Hujan yang Hilang

Ada 3 metode yang digunakan untuk memperkirakan data hujan periode kosong diantaranya rata – rata aritmatik (*arithmetical average*), perbandingan normal (*normal ratio*), dan kantor cuaca Nasional Amerika Serikat (*US.National Weather*

service).(Soewarno, 1995. p. 202) Dalam perhitungan data hujan yang hilang pada penelitian ini akan digunakan metode normal rasio.

Persamaan untuk *Normal Ratio Method* sebagai berikut :

$$Dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \frac{An_x}{An_i} \dots\dots\dots(2-1)$$

dengan :

- Dx = data tinggi hujan harian maksimum di stasiun x
- n = jumlah stasiun di sekitar x untuk mencari data di x
- d_i = data tinggi hujan harian maksimum di stasiun i
- An_x = tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun x
- An_i = tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun sekitar x

2.3.3 Uji Homogenitas

Uji homogenitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah seri data yang terkumpul dari 2 stasiun pengukur yang berada di dalam suatu daerah pengaliran atau salah satu berada di luar daerah pengaliran yang bersangkutan berasal dari populasi yang sama atau bukan. Pengujian homogenitas suatu seri data dilakukan dengan Metode Uji-t dan Uji-F. Pengujian uji t adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{(\bar{X}_2 - \bar{X}_1)}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N1} + \frac{1}{N2}}} \dots\dots\dots(2-2)$$

$$\sigma = \frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \dots\dots\dots(2-3)$$

$$S_1 = \frac{\sum (X_{1i} - \bar{X}_1)^2}{N_1 - 1} \dots\dots\dots(2-4)$$

$$S_2 = \frac{\sum (X_{2li} - \bar{X}_2)^2}{N_2 - 1} \dots\dots\dots(2-5)$$

dengan :

- t : variabel –t terhitung.
- \bar{X}_1 : rata-rata hitung sampel ke.1.
- \bar{X}_2 : rata-rata hitung sampel ke'2.
- N₁ : jumlah sampel set ke-1.

N_2 : jumlah sampel set ke.2.

σ : deviasi standar.

S_1^2 : varian sampel set ke-1.

S_2^2 : varian sampel set ke-2.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai t dari persamaan diatas, akan diperoleh 2 kemungkinan yaitu:

- $t_{hitung} > t$, atau t_{kritis} ; artinya kedua sampel yang diuji tidak berasal dari populasi yang sama.
- $t_{hitung} < t$, atau t_{kritis} ; artinya kedua sampel yang diuji berasal dari populasi yang sama.

(Kamiana, 2011. pp. 23-24)

Dan pengujian dengan Uji-F adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Sx^2 = \frac{n_1 \sum X^2 - (\sum X)^2}{n_1(n_1 - 1)} \dots\dots\dots(2-6)$$

$$S_y^2 = \frac{n_2 \sum Y^2 - (\sum Y)^2}{n_2(n_2 - 1)} \dots\dots\dots(2-7)$$

$$F_{hitung} = \frac{Sx^2}{Sy^2} \dots\dots\dots(2-8)$$

dengan :

F : variabel –Fterhitung.

$\sum Y^2$: Jumlah sampe set Y

$\sum X^2$: Jumlah sampe set X

n_1 : jumlah sampel set ke-1

n_2 : jumlah sampel set ke.2

S_x^2 : varian sampel set ke-X

S_y^2 : varian sampel set ke-Y

Berdasarkan hasil perhitungan nilai t dari persamaan diatas, akan diperoleh 2 kemungkinan yaitu:

- $F_{hitung} > F$, atau F_{kritis} ; artinya kedua sampel yang diuji tidak berasal dari populasi yang sama.
- $F_{hitung} < F$, atau F_{kritis} ; artinya kedua sampel yang diuji berasal dari populasi yang sama.

2.3.4 Uji Abnormalitas Data *Inlier-Outlier*

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Uji yang digunakan adalah uji *Inlier-Outlier*, di mana data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah (XL) dan ambang atas (XH) akan dihilangkan. Rumus untuk mencari kedua ambang tersebut adalah sebagai berikut:

$$XH = \text{Exp. (Xrerata + Kn . S)} \dots\dots\dots(2-9)$$

$$XL = \text{Exp. (Xrerata - Kn . S)} \dots\dots\dots(2-10)$$

dengan:

XH : nilai ambang atas

XL : nilai ambang bawah

Xrerata : nilai rata-rata

S : simpangan baku dari logaritma terhadap data

Kn : besaran yang tergantung pada jumlah sampel data

n : jumlah sampel data

Berikut ini ditabelkan nilai-nilai Kn untuk masing-masing jumlah data yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Nilai Kn untuk Uji *Inlier-Outlier*

Jumlah Data	Kn						
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,88	25	2,468	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,682	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,7	80	2,95
15	2,247	29	2,549	43	2,71	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,727	95	3
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,628	49	2,76	130	3,104
22	2,429	36	2,639	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,65	55	2,804		

Sumber : Chow, 1988 p.404

2.3.5 Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sum*)

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus betul-betul menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan. Dengan kata lain data hidrologi disebut tidak konsisten apabila terdapat perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya (Soewarno, 1995. p. 23) Pemindahan alat penakar hujan, tertutupnya alat penakar hujan oleh vegetasi atau bentuk peggalang lainnya dapat mengakibatkan perubahan data curah hujan yang tercatat. Uji konsistensi data dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran data lapangan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor :

- Spesifikasi alat penakar berubah
- Tempat alat ukur dipindah
- Perubahan lingkungan disekitar alat penakar.

(Kamiana, 2011. p. 16)

Dalam penelitian ini data curah hujan yang digunakan adalah berasal dari dua stasiun hujan sehingga di lakukan uji konsistensi dengan metode RAPS(*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Dalam metode ini, konsistensi data hujan ditunjukkan dengan nilai kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata berdasarkan persamaan berikut :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad \dots\dots\dots(2-11)$$

$$Sk^* = (X - X_{\text{rata-rata}}) \quad \dots\dots\dots(2-12)$$

$$Dy^2 = \frac{Sk^{*2}}{n} \quad \dots\dots\dots(2-13)$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} \quad \dots\dots\dots(2-14)$$

$$Q = \text{nilai } S^{**k} \text{ Maksimum} \quad \dots\dots\dots(2-15)$$

$$R = Sk^{**} \text{ Maksimum} - Sk^{**} \text{ minimum} \quad \dots\dots\dots(2-16)$$

dengan :

X_i : nilai data X ke i

\bar{X} : nilai X rata-rata

Sk^* : nilai kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata

S^{**k} : nilai konsistensi data

- n : jumlah data X
 Dy : simpangan rata-rata
 Q : nilai statistik
 R : nilai statistik

Bandingkan untuk jumlah data (n) dan derajat kepercayaan tertentu, nilai-nilai dibawah ini:

- Qterhitung dengan Qtabel
- Rterhitung dengan Rtabel

Syarat analisis diterima (masih dalam batasan konsisten) jika nilai $Q/(n0.5)$ dan $R/(n0.5)$ hitung lebih kecil dari nilai $Q/(n0.5)$ dan $R/(n0.5)$ Nilai Qtabel dan Rtabel ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{R}{\sqrt{n}}$

N	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,1	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	2,86
∞	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2

Sumber : Sri Harto,Br (1993) dalam Kamiana (2011. p. 201)

2.3.6 Curah Hujan Rerata Daerah

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan: (1) rata-rata aljabar, (2) poligon thiessen, dan (3) isohyet (Suripin ,2004. p.26).

Pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor, terlepas dari kelebihan dan kelemahan kedua metoda yang tersebut di atas. Faktor – faktor tersebut adalah sebagai berikut (Suripin ,2004. p.31):

1. Jaring-jaring pos penakar hujan dalam DAS
2. Luas DAS
3. Topografi DAS

Syarat faktor untuk tiap jenis metode di tunjukan pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2. 4 Cara Memilih Metoda Curah Hujan

Faktor-Faktor	Syarat-Syarat	Jenis Metode
Jaring-Jaring Pos Penakar Hujan Dalam DAS	Jumlah Pos Penakar Hujan Cukup	Metoda Isohiet, Thiessen atau Rata-Rata Aljabar
	Jumlah Pos Penakar Hujan Terbatas	Metoda Rata-Rata Aljabar atau Thiessen
Luas DAS	Pos penakar Hujan Tunggal	Metoda Hujan Titik
	DAS Besar (>5000 km ²)	Metoda Isohiet
	DAS Sedang (500 s/d km ²)	Metoda Thiessen
Topografi DAS	DAS Kecil (<500 km ²)	Metoda Rata-Rata Aljabar
	Pegunungan	Metoda Rata-Rata Aljabar
	Dataran	Metoda Thiessen
	Berbukit dan Tidak Beraturan	Metoda Isohiet

Sumber : Suripin (2004. pp. 31-32)

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode rata-rata aljabar (Aritmatik) dengan 2 stasiun hujan.

- **Rata-rata aljabar**

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan daerah topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/hampir merata, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \dots\dots\dots(2-17)$$

dengan P₁, P₂,....., P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1,2,...,n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan (Suripin, 2004. p.27).

2.3.7 Analisis Frekuensi Hujan Rancangan Maksimum

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kebalikannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. 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. (Suripin, 2004. p.31).

Analisis frekuensi diperlukan seri data hujan diperoleh dari Pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu (Suripin, 2004. p.32).

Analisis frekuensi atau distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien *skewness* (kecondongan atau kemiringan)(Suripin, 2004. p.32).

Berikut parameter yang digunakan dalam analisa frekuensi meliputi parameter nilai-nilai rata-rata (\bar{X}), standar deviasi (S), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan/*skewness* (Cs), dan koefisien kurtosis (Ck) ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Parameter Statistik dalam Analisa Frekuensi

No.	Parameter	Sampel	Populasi
1	Rata-rata	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$	$\mu = E(X)$ $= \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$
2	Simpangan baku (Standar deviasi)	$s = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$	$\sigma = \{E[x - \mu]^2\}^{\frac{1}{2}}$
3	Koefisien variasi	$CV = \frac{s}{x}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$
4	Koefisien <i>skewness</i>	$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	$\gamma = \frac{E[x - \mu]^2}{\sigma^3}$

Sumber : Suripin (2004. p.34)

Dalam analisis frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan yaitu: Gumbel, Normal, Log Normal dan Pearson Type III. Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing masing jenis distribusi seperti pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Persyaratan Statistik suatu Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14 ; C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s = 0 ; C_k = 3$
3	Log Normal	$C_1 = C_v^3 + 3C_v ; C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

Sumber : Triatmodjo (2008. p.250)

Distribusi Log Pearson III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Ada 12 Tipe Log Pearson, namun hanya distribusi Log Pearson III yang baik digunakan dalam hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (Triatmodjo, 2008. p.229). Dalam studi ini dipilih cara Log Pearson III dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data

Tiga parameter penting dalam Log Pearson III, yaitu (i) harga rata-rata; (ii) simpangan baku; dan (iii) koefisien kemencengan

Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log Pearson III.

Ubah data kedalam bentuk logaritma

$$X_i = \text{Log}(X_i) \quad \dots\dots\dots(2-18)$$

Hitung harga rata rata

$$\log \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n |\log x_i|}{(n)} \quad \dots\dots\dots(2-19)$$

Hitung harga simpangan baku

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |\log x - \log \bar{x}|^3}{(n-1)}} \quad \dots\dots\dots(2-20)$$

Hitung koefisien kepencengan

$$C_s = \frac{n \sum (\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad \dots\dots\dots(2-21)$$

Hitung logaritma huan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus :

$$\text{Log} X_t = \text{Log} \bar{X} + K . S \quad \dots\dots\dots(2-22)$$

Dengan K adalah variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G . Hitung hujan atau bajir kala ulang T dengan menghitung antilog dari $\log X_t$ (Suripin, 2004. p.42).

2.3.8 Uji Kecocokan

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorof (Sri Harto, 1991 dalam Triatmodjo, 2008.p.238)

2.3.8.1 Metode Chi Kuadrat (χ^2) (*Chi-Square*)

Prosedur perhitungan dengan menggunakan metode Chi Kuadrat adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya
2. Menghitung jumlah kelas
3. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan (χ^2_{cr})
4. Menghitung kelas distribusi
5. Menghitung interval kelas
6. Menghitung nilai χ^2
7. Bandingkan nilai χ^2 terhadap dan χ^2_{cr} .

Uji Chi-kuadrat menggunakan nilai χ^2 yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\chi^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Of - Ef)^2}{Ef} \dots\dots\dots(2-23)$$

dengan :

χ^2 : nilai Chi-Kuadrat terhitung

Ef : frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

Of : frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

N : jumlah sub kelompok dalam satu group

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

$$DK = K - (\alpha + 1) \dots\dots\dots(2-24)$$

dengan :

DK : derajat kebebasan

K : banyaknya kelas

α : banyaknya keterikatan (parameter), untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2

Disarankan agar banyaknya kelas tidak kurang dari 5 dan frekuensi absolut tiap kelas tidak kurang dari 5 pula (Triatmodjo, 2013. pp. 238-239).

2.3.8.2 Metode Smirnov-Kolmogorof (Horizontal)

Dari hasil pembacaan grafik pengeplotan data curah hujan pada kertas probabilitas logaritma, didapat perbedaan antara distribusi teoritis dan empirisnya pada sumbu horisontal yang merupakan data probabilitas. Selisih ini dicari yang maksimum yang disebut Δ maks. Uji Smirnov-Kolmogorov ini akan membandingkan harga Δ maksimum dengan suatu harga kritis yang ditentukan berdasarkan jumlah data dan batas nilai simpangan data. Bila Δ maksimum $<$ Δ kritis, hipotesa tersebut dapat diterima. (Soewarno, 1995. p.199),

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya 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_m P (X_m)

X_n P (X_n)

dengan :

X_1, X_2, X_m, X_n = data hujan yang telah diurutkan dari besar ke terkecil (mm)

P = Peluang Empiris (dihitung dengan persamaan Weibull, seperti pada persamaan (2-20) berikut

- Persamaan Weibull :

$$P(X_i) = \frac{n + 1}{i} \dots\dots\dots (2-25)$$

dengan :

n = jumlah data

i = nomor urut data hujan

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis di hasil penggambaran data:

$$X_1 P (X_1)$$

$$X_2 P (X_2)$$

$$X_m P (X_m)$$

$$X_n P (X_n)$$

dengan :

X_1, X_2, X_m, X_n = data hujan yang telah diurutkan dari besar ke terkecil (mm)

P' = Peluang teoritis

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

$$D = \text{Maksimum} (P (X_m) - P'(X_m)) \dots\dots\dots(2-26)$$

dengan :

D = selisih peluang empiris dengan peluang teoritis

P = peluang empiris

P' = peluang teoritis

X_m = data hujan yang diurutkan (mm)

Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov test) tentukan harga D_0 , berikut ditunjukkan pada Tabel 2.7. (Soewarno, 1995. p.199),

Tabel 2. 7 Nilai Kritis D_0 Untuk Uji Smirnov-Kolmogorof
a (Derajat Kepercayaan)

N	a (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	0,31	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$N > 50$	$1,07/N^{0,5}$	$1,22/N^{0,6}$	$1,36/N^{0,7}$	$1,63/N^{0,8}$

Sumber : Bonnier (1980) dalam Soewarno (1995. p. 199)

Apabila D lebih kecil dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila D lebih besar dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima. (Soewarno, 1995. p.199).

2.4 Debit Limpasan Air Hujan

Sebagaimana telah diuraikan dalam siklus hidrologi, bahwa air hujan yang turun dari atmosfer jika tidak ditangkap oleh vegetasi atau oleh permukaan buatan seperti atap-atap bangunan atau lapisan kedap air lainnya, maka akan jatuh ke permukaan bumi dan sebagian akan menguap, berinfiltrasi, atau tersimpan dalam cekungan-cekungan. Bila kehilangan seperti cara-cara tersebut telah terpenuhi, maka sisa air hujan akan mengalir langsung di atas permukaan tanah menuju alur aliran terdekat (Suripin, 2004. p. 74).

2.4.1 Analisa Debit Banjir Rancangan Metode Rasional

Debit banjir rencana adalah debit maksimum dari suatu sistem drainase yang didasarkan pada kala ulang tertentu yang dipakai dalam perencanaan. (Menteri Pekerjaan Umum, 2014, p.6).

Pemakaian metode rasional sangat sederhana dan sering digunakan dalam perencanaan drainasi perkotaan. Beberapa parameter hidrologi yang diperhitungkan adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas DAS, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi, tampungan permukaan) dan konsentrasi aliran. Metode rasional didasarkan pada persamaan berikut : (Triatmodjo, 2008.p.144)

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad \dots\dots\dots(2-27)$$

dengan:

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

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (km^2)

C = koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan yang nilainya diberikan pada tabel 2.8

a. Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*)

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*surface run-off*) dengan jumlah air hujan yang

jatuh dari atmosfer (hujan total yang terjadi). Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan di kemudian hari. Nilai koefisien pengaliran untuk metode rasional tertera pada tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional

Deskripsi lahan/ karakter permukaan		Koefisien limpasan 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	0,70-0,65
	Batu bata, <i>paving</i>	0,50-0,70
	Atap	0,75-0,95
Halaman, tanah berpasir	Datar 2 %	0,05-0,10
	Rerata, 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 : McGuen, 1989 dalam Suripin (2004. p.80)

Menurut Pd-T-02-2006-B Tentang Perencanaan Sistem Drainase Jalan apabila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang memiliki nilai C yang berbeda maka nilai C rata-rata ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \quad \dots\dots\dots (2-28)$$

dengan :

- C = koefisien pengaliran rata-rata dari beberapa tipe kondisi permukaan
- C_1, C_2, C_3, \dots = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan
- A_1, A_2, A_3, \dots = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

(Menteri Pekerjaan Umum, 2014, p.6).

b. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi 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. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kiprich (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad \dots\dots\dots (2-29)$$

Dengan T_c adalah waktu konsentrasi dalam jam, L panjang saluran utama dari hulu sampai penguras dalam km, dan S kemiringan rata-rata saluran utama dalam m/m. (Suripin, 2004. p. 82)

c. 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. 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, dan jam-jaman untuk

membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari pos penakar hujan otomatis. Selanjutnya berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu dari beberapa persamaan Talbot, Sherman, atau Ishiguro. (Suripin, 2004. p. 66)

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

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2-30)$$

dengan:

- I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- R₂₄ = curah hujan maksimum harian alam 24 jam (mm)
- t_c = lamanya hujan

(Suripin, 2004. pp. 67-68)

Pada penelitian ini digunakan rumus Mononobe karena lebih cocok dengan data yang tersedia.

2.5 Analisa Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk adalah perhitungan jumlah penduduk (menurut komposisi umur dan jenis kelamin) di masa yang akan datang berdasarkan asumsi arah perkembangan fertilitas, mortalitas dan migrasi.

2.5.1 Metode Geometrik

Cara ini mengasumsikan besarnya laju pertumbuhan yang menggunakan dasar bunga berbunga dimana angka pertumbuhannya adalah sama untuk setiap tahun. Ramalan laju pertumbuhan geometri adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1 + r)^n \dots\dots\dots (2-31)$$

dengan:

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n
- P_o = jumlah penduduk pada awal tahun
- r = angka pertumbuhan penduduk
- n = interval waktu (tahun)

2.5.2 Metode Eksponensial

Pertumbuhan ini mengasumsikan pertumbuhan penduduk secara terus-menerus setiap hari dengan angka pertumbuhan konstan. Pengukuran penduduk ini lebih tepat, karena

dalam kenyataannya pertumbuhan jumlah penduduk juga berlangsung terus-menerus. Ramalan pertambahan penduduknya adalah:

$$P_n = P_o \cdot e^m \dots\dots\dots (2-32)$$

dengan:

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n

P_o = jumlah penduduk pada awal tahun

m = interval waktu

e = bilangan logaritma

2.5.3 Uji Kesesuaian Metode Koefisien Determinasi R-Square

Koefisien determinasi (R^2) dimaksudkan untuk mengetahui tingkat ketepatan yang paling baik dalam analisa regresi, hal ini ditunjukkan oleh besarnya koefisien determinasi (R^2) antara 0 (nol) sampai dengan 1 (satu). Jika koefisien determinasi nol berarti variabel independen sama sekali tidak berpengaruh terhadap variabel dependen. Apabila koefisien determinasi semakin mendekati satu, maka dapat dikatakan bahwa variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen.

2.6 Analisa Debit Air Kotor

Debit air kotor berasal dari air buangan hasil aktivitas penduduk yang berasal dari lingkungan rumah tangga atau bangunan-bangunan atau yang lainnya. Untuk perhitungan debit air buangan maka harus diketahui jumlah konsumsi air bersih per orang per hari. Debit buangan diperkirakan 70-80% dari debit air bersih yang digunakan. Sehingga persamaannya menjadi seperti berikut

Perhitungan air buangan tiap penduduk didapat dari:

$$Q_{air\ kotor} = P_n \times \text{kebutuhan air bersih rata-rata tiap penduduk} \times 80\% \dots\dots\dots (2-33)$$

dengan $Q_{air\ kotor}$ dalam (liter/hari), jumlah penduduk (P_n) dalam jiwa dan dan kebutuhan air bersih rata-rata dalam liter/hari/jiwa.

2.7 Evaluasi Saluran Drainase

Evaluasi adalah kegiatan untuk menilai, memperbaiki dan meningkatkan seberapa jauh sebuah proyek atau program kegiatan dapat berjalan secara efektif, efisien dan optimal seperti yang telah dirumuskan bersama(Menteri Pekerjaan Umum, 2014. p. 4). Evaluasi

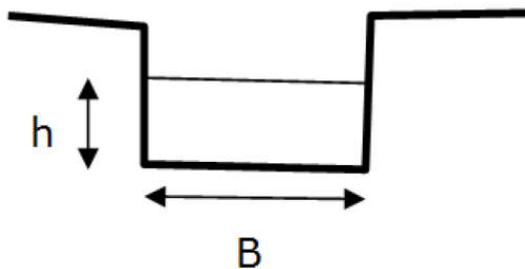
terhadap saluran drainase mencakup, kapasitas tampungan dan pengaliran debit, dan sedimentasi.

2.8 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengevaluasi kondisi saluran, mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Kriteria perencanaan hidrolika ditentukan oleh: bentuk saluran drainase, kecepatan saluran rata-rata, kekasaran dinding saluran, pengempangan (*back water effect*), penampang saluran terbaik/ekonomis, ruang bebas saluran (*freeboard*), kecepatan minimum dan saluran dengan berbagai lapisan. Hasil dari analisa hidrolika untuk evaluasi saluran adalah berupa perbandingan antara $Q_{saluran}$ (kapasitas tampung saluran) dengan $Q_{rencana}$ apabila $Q_{saluran} >$ (lebih besar) dari pada $Q_{rencana}$ maka kapasitasnya masih cukup.

Bentuk saluran drainase umumnya berbentuk trapesium, segiempat, lingkaran dan segitiga.

a. Perhitungan Luas Profil Basah Berbentuk segiempat



Gambar 2. 1 Profil Saluran Drainase Berbentuk Segiempat

Sumber : Menteri Pekerjaan Umum (2014)

Luas profil basah berbentuk segiempat dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$A = B \cdot h \dots\dots\dots(2-34)$$

dengan:

A : luas profil basah (m^2)

B : lebar dasar saluran (m)

h : tinggi air di dalam saluran (m)

(Menteri Pekerjaan Umum, 2014. pp.61-62)

b. Perhitungan kecepatan rata-rata rata-rata

Kecepatan saluran rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus Manning. Seorang ahli dari Islandia, Robert Manning mengusulkan rumus berikut ini:

$$C = \frac{i}{n} R^{2/3} \dots\dots\dots(2-35)$$

dengan koefisien tersebut, maka rumus kecepatan aliran menjadi:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots \dots \dots (2-36)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots \dots \dots (2-37)$$

$$P = b+2h \dots \dots \dots (2-38)$$

dengan :

- V : kecepatan aliran dalam m/dt
- n : koefisien Manning, kriteria ditunjukkan pada Tabel 2.9
- R : jari-jari hidrolis dalam m;
- A : profil basah saluran dalam m²;
- P : keliling basah dalam m;
- h : tinggi muka air
- I : kemiringan dasar saluran

Tabel 2. 9 Koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning, n
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu semen	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: Menteri Pekerjaan Umum, 2014

c. Rumus Aliran (Q)

Untuk menghitung debit profil majemuk *existing* pada saluran drainase perkotaan digunakan rumus kontinuitas dengan mengalikan luas profil basah dengan kecepatan rata-rata menggunakan rumus Manning dan koefisien kekasaran ekuivalen (n_{eq}). Rumus alirannya adalah sebagai berikut:

$$Q = A \cdot V \dots \dots \dots (2-39)$$

$$Q_t = A_t \frac{1}{n_{eq}} \cdot R_t^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots \dots \dots (2-40)$$

dengan :

- Qt : debit total dalam m³/dt

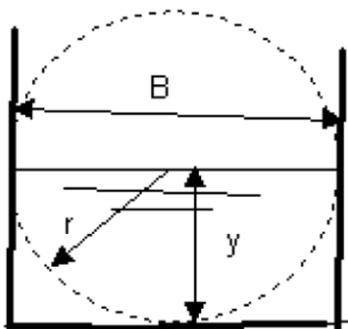
- V : kecepatan aliran dalam m/dt
 A_t : luas profil basah total dari masing-masing sub-profil basah dalam m^2
 R_t : total jari-jari hidraulis dari masing-masing sub-profil basah dalam m
 S : kemiringan rata-rata dasar saluran
 n_{eq} : kekasaran dinding ekuivalen

d. Penampang saluran terbaik/ekonomis

Penampang saluran terbaik atau penampang saluran ekonomis adalah penampang saluran yang mempunyai keliling basah minimum akan memberikan daya tampung maksimum kepada penampang saluran.

- Bentuk Segiempat

Saluran dengan bentuk segiempat biasanya digunakan untuk saluran yang terbuat dari pasangan batu atau beton seperti terlihat dalam Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Saluran Ekonomis Berbentuk Segiempat

Sumber : Menteri Pekerjaan Umum, 2014

Luas penampang basah dapat diperhitungkan dengan rumus:

$$A = B \cdot y \dots \dots \dots (2-41)$$

Keliling basah:

$$P = B + 2y \dots \dots \dots (2-42)$$

Lebar:

$$B = 2y \dots \dots \dots (2-43)$$

(Menteri Pekerjaan Umum, 2014. p.68)

e. Ruang bebas saluran (*freeboard*)

Ruang bebas (*freeboard*) suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rancang (rencana). Gelombang dan kenaikan muka air disebabkan oleh:

1. Kecepatan sangat besar dan kemiringan sangat terjal;

2. Kecepatan besar akibat tikungan;
3. Pengaruh gerakan angin;
4. Pasang surut.

Ruang bebas saluran (*freeboard*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut ini :

$$F_r = \sqrt{C_f \cdot y} \dots \dots \dots (2-44)$$

dengan :

Fr : ruang bebas (m)

y : kedalaman aliran rencana (m)

Cf : koefisien yang bervariasi dari 1,5 pada $Q = 60 \text{ m}^3/\text{dt}$. sampai dengan 2,5 untuk $Q = 85 \text{ m}^3/\text{dt}$

Atau diperkirakan ruang bebas saluran (*freeboard*) berkisar antara 0,30 sampai dengan 1,20 m tergantung dari dalam dan lebarnya (Menteri Pekerjaan Umum, 2014. p. 44)

2.9 Penanganan Genangan

Dalam sub bab ini membahas alternatif penanganan genangan yang akan direncanakan pada penelitian ini yaitu perbaikan dimensi saluran dan bangunan pemanen air hujan (*rain harvesting*).

2.9.1 Perbaikan Saluran

Alternatif ini dilakukan guna mengetahui dimensi yang di butuhkan suatu saluran drainase untuk mengalirkan debit yang masuk dengan pertimbangan ketersediaan lahan yang memungkinkan adanya pelebaran dan penambahan tinggi di saluran tersebut.

Perbaikan dimensi saluran dilakukan dengan menghitung luas profil basah dan kecepatan rata-rata dengan rumus (2-34) sampai rumus (2-40), kemudian didapat hasil Q untuk tiap saluran sebagai kapasitas eksisting. Maka diketahui saluran mana saja yang memiliki $Q_{\text{saluran}} < (\text{lebih kecil})$ dari Q_{rencana} , untu saluran tersebut maka di lakukan perhitungan lanjut yaitu mencari lebar dan tinggi tambahan agar mencukupi kapasitas dengan Q_{rencana} yang dibutuhkan dengan cara *trial and error* pada Microsoft Excel.

2.9.2 Pemanen Air Hujan (*Rain Harvesting*)

Air merupakan kebutuhan setiap manusia dan makhluk hidup lainnya. Sumber daya air merupakan salah satu sumberdaya yang paling vital. Namun pada nyatanya dilapangan masih banyak daerah daerah di Indonesia yang mengalami kesulitan air, seperti di Indonesia bagian timur, terutama saat musim kemarau. Disisi lain ketika musim hujan

terjadi kelebihan air yang tidak dapat tertampung dalam badan air yang ada pada sungai, danau, situ, waduk buatan, sehingga meluap menjadi banjir. Dua kondisi yang sering bertentangan ini dapat bermanfaat bila ditangani secara terpadu dan bersinergi (mengingat begitu besarnya potensi sumberdaya air yang terbuang percuma menuju ke laut lepas).

Menampung air hujan merupakan salah satu alternatif yang efisien yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan ini. (Amin et al, 2008)

a. Definisi

Teknik pemanenan air hujan atau disebut juga dengan istilah *rain harvesting* didefinisikan sebagai suatu cara pengumpulan atau penampungan air hujan atau aliran permukaan pada saat curah hujan tinggi untuk selanjutnya digunakan pada waktu air hujan rendah. Dilihat dari ruang lingkup implementasinya, teknik ini dapat digolongkan dalam 2 (dua) kategori, yaitu :

1. Teknik pemanenan air hujan dengan atap bangunan (*roof top rain harvesting*),
2. Teknik pemanenan air hujan (dan aliran permukaan) dengan bangunan reservoir, seperti dam parit, embung, kolam, situ, waduk, dan sebagainya.

Perbedaan dari kedua kategori di atas adalah bahwa untuk kategori yang pertama, ruang lingkup implementasinya adalah pada skala individu bangunan rumah dalam suatu wilayah permukiman ataupun perkotaan ; sementara untuk kategori yang kedua skalanya lebih luas lagi, biasanya untuk suatu lahan pertanian dalam suatu wilayah DAS ataupun sub DAS (Harsoyo, 2010. pp. 33-34).

b. Penerapan Pemanen Air Hujan

Penerapan pemanen hujan bukan hanya cocok untuk daerah yang kekurangan air seperti di pedalaman atau pedesaan namun juga cocok di daerah perkotaan. Untuk kompleks-kompleks industri, sangat disarankan untuk menerapkan metode ini. Kebutuhan air untuk industri sebagian besar dapat ditopang dengan memakai air hujan. Di kompleks perkantoran pemerintah dan swasta, sekolah, perguruan tinggi, rumah sakit, perumahan, perhotelan, pertokoan dan lain-lain sangat relevan sekali menerapkan konsep pemanen air hujan dengan kolam tandon dan sumur resapan ini. Kebutuhan air untuk keperluan-keperluan di luar air minum dapat dipasok langsung dari air hujan, sedang kebutuhan air minum, mandi dan cuci dapat dipasok dari air hujan dengan pengolahan (*treatment*) secukupnya terlebih dahulu. Pemerintah dapat mengimbau bahkan mewajibkan pada

kompleks-kompleks tersebut untuk melakukan upaya memanen air hujan dengan mengaitkannya dengan pemberian ijin pembangunan atau ijin usaha sekaligus dengan memberikan keringanan-keringanan pajak tertentu bagi yang telah melaksanakannya.(Maryono dan Santoso, 2006). Berikut beberapa penerapan sistem pemanen air hujan di dalam maupun luar negeri ditunjukkan pada Gambar 2.3 Sampai 2.8.



Gambar 2. 3 Bangunan Tangki Penampung Air Hujan di Kabupaten Pidie, NAD
Sumber : Harsoyo (2010.p.34)



Gambar 2. 4 Sistem Penampung Air Hujan di Pemukiman Pesisir, Tarakan, Kaltim
Sumber : Said dan Widayat (2014 .p.81)



Gambar 2. 5 Sistem Penampung Air Hujan di Sangata, Kaltim
Sumber : Said dan Widayat (2014 .p.82)

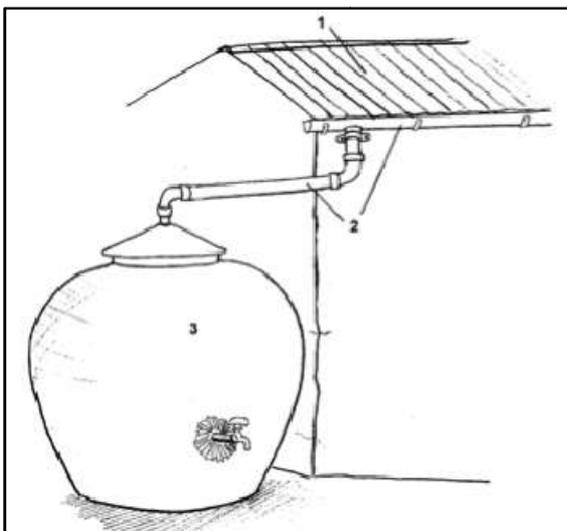


Gambar 2. 6 Sistem Pemanen Air Hujan di Rumah Sakit Hauber Davidson, Australia
 Sumber : Said dan Widayat (2014 .p.92)

c. **Komponen *Rain Harvesting***

Konstruksi untuk sistem pemanenan air hujansederhana terdiri dari 3 komponen dasar yang penting dan harus ada, yaitu:

- a. Daerah penangkap air atau yang berfungsi untuk menangkap air hujan untuk kemudian dialirkan ke saluran pengumpul. Daerah tangkapan bisa berupa atap rumah dengan bahan yang beragam, bisa juga taman diatas gedung (*roof top garden*), atau dinding vertikal.
- b. Sistem pengiriman/ pengumpul untuk memindahkan air hujan yang sudah ditangkap dari daerah penangkap atau permukaan atap ke bak penyimpanan berupa pipa atau talang. Pipa talang biasanya direncanakan dengan bahan alumunium, pvc, kayu atau *fiberglass* dengan kemiringan tertentu sehingga air dapat dialirkan dan tidak tertahan.
- c. Bak, tangki atau kolam penyimpanan untuk menyimpan air hingga air hujan dipergunakan. Untuk bak atau tangki dapat terbuat dari ferro semen, pasangan bata, dan *fibreglass reinforced plastic* (FRP). Ukuran, bentuk, dan bahan tempat penyimpanan menyesuaikan dengan kebutuhan. Untuk bak dan tangki biasanya dilengkapi dengan penutup, keran air juga keran penguras, dan dalam pengerjaan konstruksinya biasanya juga dilengkapi pondasi dan kuat dan pagar.



Gambar 2. 7 Komponen Dasar dari Sistem Pemanen Air Hujan

Sumber: HATUM & WORM (2006) dalam <https://www.sswm.info/>

Beberapa komponen lain yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan fungsi dan manfaat pemanen air hujan, serta menunjang dan tidak kalah penting, antara lain

1. *Gutter Guard* atau saringan pada saluran pengumpul (talang) fungsinya untuk menyaring dedaunan, serangga dan sedimen lain yang berukuran makro sehingga tidak ikut dialirkan masuk ke saluran pengumpul. Biasanya terbuat dari alumunium.



Gambar 2. 8 Gutter guard

Sumber :<http://www.rainwaterconnection.com>

2. Pipa udara yang berfungsi untuk mengeluarkan udara saat bak penampung terisi
3. *Downspouts* adalah pipa vertikal untuk menyalurkan air dari saluran pengumpul ke tangki atau kolam penampung air.
4. Saluran pembuangan yang berfungsi untuk mengalirkan air buangan agar PAH tetap bersih dan kering



Gambar 2. 9 Downspout

Sumber : <http://www.rainwaterconnection.com>

5. *Debris Traps* dan *tank screen* atau perangkat adalah *filter* untuk menyaring sedimen atau puing yang berukuran lebih kecil yang tidak tersaring pada *gutter guard* agar tidak masuk ke kolam/bak penampung, biasanya di terapkan pada pipa *downspout* atau sebagai saringan pada tangki



Gambar 2. 10 Debris Trap

Sumber : <http://www.rainwaterconnection.com>



Gambar 2. 11 Tank Screen

Sumber : (Amin et al, 2008)

6. *Filter* sedimen akhir, biasanya diperlukan untuk pemanfaatan air hujan untuk air minum dengan komponen *filter* yang menyesuaikan sehingga output air dapat memenuhi syarat untuk air minum.

d. Perencanaan Sistem Pemanen Air Hujan untuk Penanganan Genangan

Perencanaan sistem pemanen air hujan sebagai alternatif penanganan genangan dapat menggunakan rasional (2-24) dengan CA yang merupakan luas atap bangunan, C koefisien atap dan I dihitung menggunakan rumus mononobe.

$$Q = 0,278 C I A \dots\dots\dots(2-45)$$

dengan:

- Q = debit banjir maksimum (m^3/dt)
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah tangkapan (km^2)
- C = koefisien aliran

dalam perhitungan ini C merupakan koefisien daerah tangkapan air yaitu atap rumah. I adalah intensitas hujan yang turun dengan menggunakan curah hujan rencana kala ulang yang di tentukan, di hitung menggunakan rumus mononobe, dan A adalah luas atap sebagai daerah tangkapan air.

Dari debit yang di dapat dikalikan rencana lama penyimpanan didalam tempat penampung sehingga menjadi nilai volume (m^3), dengan rumus berikut

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{Debit masuk (m}^3\text{/dt)} \times \text{Lama penyimpanan (detik)} \dots\dots\dots(2-46)$$

dari volume yang didapat kemudian digunakan untuk memperkirakan dimensi (H, B, L) untuk satu bangunan. Dengan mengetahui kapasitas yang diketahui untuk satu bangunan maka akan dapat diperkirakan jumlah bangunan yang butuh diterapkan sistem pemanen air hujan sebagai jumlah minimal untuk mengurangi limpasan dan menangani masalah genangan.

Halaman ini sengaja dikosongkan