

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Drainase**

##### **2.1.1 Pengertian Drainase**

Drainase berasal dari kata *drainage* yang berarti mengeringkan, atau membuang air. Menurut seorang tokoh yang bernama Suripin drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/ atau mengalirkan kelebihan air pada suatu area atau lahan, agar lahan dapat dimanfaatkan secara optimal. Jadi drainase merupakan sistem yang menangani masalah kelebihan air yang tidak diperlukan, baik yang mengalir di atas permukaan maupun di bawah tanah. Kelebihan air ini dapat berasal dari limpasan air hujan (curah hujan berlebihan) atau dari air limbah permukiman.

Sedangkan untuk sistem jaringan drainase merupakan bagian dari infrastruktur pada suatu kawasan, drainase termasuk pada kelompok infrastruktur air pada pengelompokan infrastruktur wilayah. Selain itu ada kelompok jalan, kelompok sarana transportasi, kelompok pengelolaan limbah, kelompok bangunan kota, kelompok energi dan kelompok telekomunikasi (Grigg 1988, dalam Suripin, 2004). Air hujan yang jatuh di suatu kawasan perlu dialirkan atau dibuang, caranya dengan pembuatan saluran yang dapat menampung air hujan yang mengalir di permukaan tanah tersebut. Sistem saluran diatas selanjutnya dialirkan ke sistem yang lebih besar, sistem yang paling kecil juga dihubungkan dengan saluran rumah tangga dan sistem saluran bangunan infrastruktur lainnya, sehingga apabila jika cukup banyak limbah cair yang berada dalam saluran tersebut perlu diolah (treatment). Seluruh proses di atas dapat disebut dengan sistem drainase (Kodoatie, 2003).

## 2.1.2 Jenis Drainase

Drainase dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

### 1. Menurut Sejarah Terbentuknya

#### a. Drainase Alamiah (Natural Drainage)

Saluran drainase ini terbentuk secara alami, tidak ada unsur campur tangan manusia

#### b. Drainase Buatan (Artificial Drainage)

Saluran drainase yang dibuat oleh manusia untuk mengelola air dalam suatu wilayah.

### 2. Menurut Letak Saluran

#### a. Drainase Atas Tanah (Surface Drainage)

Saluran drainase yang digunakan untuk mengalihkan limpasan air permukaan dan mengalirkan airnya dengan gravitasi.

#### b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (Sub Surface Drainage)

Saluran drainase yang mengalirkan air melalui suatu media (pipa) di bawah permukaan tanah yang ditanam pada kedalaman tertentu yang membentuk suatu jaringan drainase dan dihubungkan dengan sistem drainase kota.

### 3. Menurut Fungsi Saluran

#### a. Single Purpose

Saluran yang dirancang untuk mengalirkan hanya satu jenis limbah.

#### b. Multy Purpose

Sebuah saluran yang dirancang untuk membuang beberapa jenis limbah campuran atau bolak-balik.

### 4. Menurut Kontruksi

#### a. Saluran Terbuka

Yaitu sistem saluran yang biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalirkan air hujan.

#### b. Saluran Tertutup

Saluran tertutup yaitu saluran yang mengalirkan air limbah yang berpotensi mencemari lingkungan yang dilaluinya. Jenis saluran ini juga sering digunakan

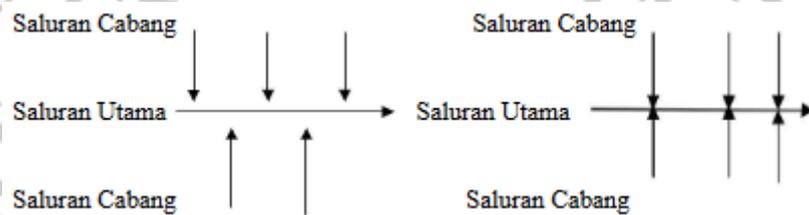
untuk drainase di kota metropolitan dikarenakan bagian atas saluran yang tertutup dapat digunakan sebagai trotoar bagi pejalan kaki.

### 2.1.3 Pola Jaringan Drainase

Pada umumnya, sistem jaringan drainase saling terhubung dan membentuk suatu pola jaringan tertentu. Berikut ini adalah beberapa pola jaringan drainase :

#### 1. Pola Siku

Jaringan yang terbentuk antara saluran cabang dan saluran utama ini cocok untuk daerah dengan topografi yang lebih tinggi dari sungai karena badan air penerima berada di atas sungai dan saluran utama berada di tengah kota.



**Gambar 2. 1** Pola Jaringan Drainase Siku

#### 2. Pola Pararel

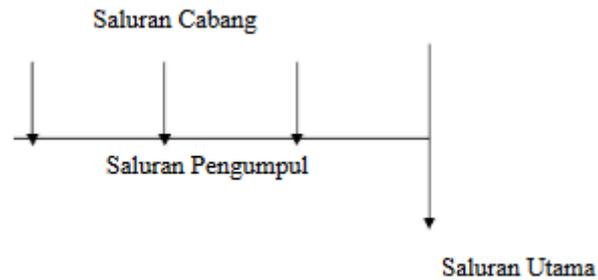
Letak saluran utama pada pola jaringan ini memiliki saluran yang sejajar dengan saluran cabangnya. Saluran cabang merupakan saluran pendek dan berjumlah cukup banyak. Sehingga jika terjadi perkembangan perkotaan dari waktu ke waktu di masa depan, salurannya mungkin berubah.



**Gambar 2. 2** Pola Jaringan Drainase Paralel

### 3. V Pola Grid Iron

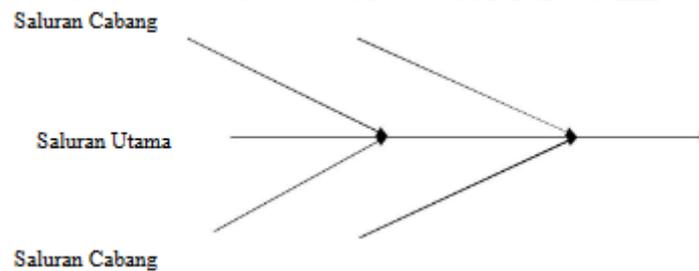
Pada pola jaringan ini didesain jika sungai terletak jauh dari perkotaan dan air dari saluran cabang ditampung terlebih dahulu pada saluran pengumpul.



**Gambar 2. 3** Pola Jaringan Drainase Grid iron

### 4. Pola alamiah

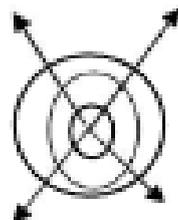
Pola drainase alamiah ini sama seperti jaringan drainase siku hanya saja sungai menerima beban yang lebih besar.



**Gambar 2. 4** Pola Jaringan Drainase Alamiah

### 5. Pola Radial

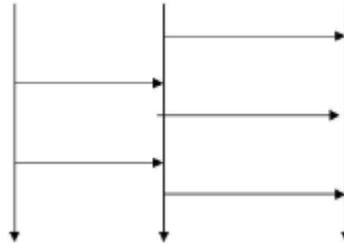
Pada jaringan drainase ini digunakan didaerah kawasan kota yang mempunyai topografi berbukit-bukit dan pola jaringan ini dapat berupa pola radial karena arah aliran air dapat mengalir kesegala arah



**Gambar 2. 5** Pola Jaringan Drainase Radial

## 6. Pola Jaring-Jaring

Pola jaringan ini merupakan pola saluran yang mengikuti arah jalan raya dan pola jaringan seperti ini sangat cocok diterapkan pada daerah dengan topografi datar.



**Gambar 2. 6** Pola Jaringan Drainase Jaring – jarring

## 2.2 Analisis Hidrologi

Hidrologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari mengenai pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Dengan adanya permasalahan yang sering muncul di lingkungan seperti permasalahan sumber air membutuhkan analisis hidrologi sebagai solusinya. Hal yang dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan sumber air yaitu menggunakan asesmen, pengembangan, utilisasi serta manajemen sumber daya air. Dengan memahami ilmu hidrologi dapat membantu menyelesaikan permasalahan lingkungan seperti halnya kekeringan, banjir, perencanaan sumber daya air seperti dalam desain irigasi/ bendungan, pengelolaan daerah aliran Sungai, degradasi lahan, sedimentasi, dan permasalahan lain yang berkaitan dengan air.

Siklus hidrologi termasuk ke dalam salah satu siklus pada biogeokimia. Siklus hidrologi merupakan siklus air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Siklus hidrologi terjadi ketika air secara alami mengalir dari hulu ke hilir, dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Air mengalir di atas permukaan tanah namun air juga mengalir di dalam tanah. di dalam lingkungan alam, proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) mengikuti suatu siklus keseimbangan yang dikenal dengan siklus hidrologi. Peran siklus hidrologi sangat penting dalam kelangsungan hidup organisme bumi. Dengan adanya siklus ini ketersediaan air di daratan bumi dapat tetap terjaga, mengingat teraturnya suhu

lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan ekosistem bumi dapat tercipta karena proses siklus hidrologi ini.

### **2.2.1 Karakteristik Hujan**

#### **1. Durasi Hujan**

Durasi hujan merupakan lama kejadian hujan (menit, jam, harian) diperoleh terutama dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis. Dalam perencanaan drainase, durasi hujan ini sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi, khususnya pada drainase perkotaan yang memerlukan durasi yang relatif pendek, mengingat akan lamanya genangan.

#### **2. Intensitas Hujan**

Intensitas hujan ( $I_t$ ) merupakan jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu atau secara singkatnya intensitas hujan merupakan tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau

#### **3. Lengkung Hujan**

Lengkung intensitas hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan, hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk lengkung intensitas hujan dengan kala ulang hujan tertentu. Lengkung intensitas biasa disebut juga Kurva IDF (Intensitas-Durasi-Frekuensi).

#### **4. Waktu Konsentrasi**

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran.

### 2.2.2 Perhitungan Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Menurut Suhardjono (1984), kita dapat menghitung jumlah penduduk dengan rumus sebagai berikut :

- a. Metode Aritmatika ini pertumbuhan penduduk dikaakan akan selalu naik dengan konstan.

$$P_n = P_o + K_a + (T_n - T_o)$$

$$K_a = \frac{P_a - P_1}{T_2 - T_1}$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke n

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun dasar

$T_n$  = Tahun ke n

$T_o$  = Tahun dasar

$K_a$  = Konstanta aritmatika

$P_1$  = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke 1

$P_2$  = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir

$T_1$  = Tahun ke I yang diketahui

$T_2$  = Tahun ke II yang diketahui

- b. Metode Geometrik :

$$r = \frac{P_n}{P_{n+1}}$$

Keterangan :

$r$  = Rata-rata pertumbuhan penduduk

$P_n$  = Perkiraan jumlah penduduk pada ahun terakhir rencana

$P_{n+1}$  = Jumlah penduduk pada tahun berikutnya

$$R \text{ rata-rata} = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n}{n}$$

- Analisa prediksi pertumbuhan penduduk sampai tahun rencana :

$$P_n = P_o \times (1 + r_{\text{rata-rata}})^n$$

Keterangan :

- P<sub>n</sub> = Jumlah penduduk pada tahun akhir  
 P<sub>o</sub> = Jumlah penduduk pada awal tahun  
 Rrata-rata = Rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk  
 n = Periode waktu perencanaan ( tahun )

- Pertumbuhan penduduk eksponensial

$$P_n = P_o \times c^{r-n}$$

Keterangan :

- P<sub>n</sub> = Jumlah penduduk pada tahun n  
 P<sub>o</sub> = Jumlah penduduk pada awal tahun  
 r = Angka pertumbuhan penduduk  
 n = Jangka waktu dalam tahun  
 c = Bilangan pokok dari sistem bilangan logaritma (2,7182828)

### 2.2.3 Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah air buangan hasil aktivitas penduduk yang berasal dari rumah tinggal, instansi, bangunan komersial, dan lain sebagainya. Dalam perencanaan mengenai total aliran air buangan di bagi 3 yaitu :

1. Air buangan domestik.
2. Infiltrasi air permukaan (hujan) dan air tanah.
3. Air buangan industry dan komersial

Rumus yang digunakan untuk menghitung debit air kotor adalah :

$$Q_{\text{domestik}} = \frac{P_n \times 70\% \times Q_{\text{kep}}}{A}$$

Keterangan :

- Q = Debit air kotor (m<sup>3</sup>/det/km<sup>2</sup>)  
 Q<sub>kep</sub> = Jumlah kebutuhan air (l/det/orang)  
 P<sub>n</sub> = Jumlah penduduk  
 A = Luas daerah (km<sup>2</sup>)

## 2.2.4 Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah Stasiun Ciliwung yang berdekatan dengan lokasi studi penelitian dengan menggunakan satuan milimeter (mm). Data yang didapatkan adalah data bulanan yaitu dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2022.

## 2.2.5 Analisa Frekuensi dan Probabilitas

Analisa frekuensi dimaksudkan untuk menentukan jenis-jenis distribusi curah hujan yang sesuai berdasarkan nilai-nilai distribusi frekuensi. Dalam penentuan jenis sebaran yang akan digunakan untuk analisis frekuensi tersaji dalam tabel 2.1 sebagai berikut :

**Tabel 2. 1** Syarat Pemilihan Distribusi Frekuensi

Distribusi Frekuensi	Cs	Ck
Gumbel	1,1396	5,4002
Normal	0	3
Log Normal	Cs selalu positif	3.Cv
Log Pearson III	Tidak ada syarat khusus	Tidak ada syarat khusus

sumber : suripin 2004

Dalam melakukan pemilihan sebaran frekuensi sebelumnya menghitung Cs, Cv dan Ck yang didapat dari parameter statistic yang berkaitan dengan analisis data meliputi :

- Rata-rata

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n}$$

- Simpangan baku

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{x})^2}{n-1}}$$

- Koefisien Variasi

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot sd^3}$$

- Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot sd^4}$$

Keterangan :

- N = Jumlah Data  
 Xi = Data ke-i  
 $\bar{x}$  = Rata – Rata data  
 S = Simpangan

Dalam menentukan curah hujan maksimum didasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan yang menjelaskan terkait kala ulang berdasarkan tipologi kota yang dapat ditunjukkan oleh tabel berikut :

**Tabel 2. 2** Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	< 10	10 – 100	101 – 500	> 500
Kota Metropolitan	2 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th	10 – 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 – 5 Th

Sumber 1 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.12/PRT/M/2014

Berdasarkan tabel tersebut, jenis tipologi kota yang digunakan yaitu termasuk ke dalam tipologi kota besar. Jadi kala ulang yang digunakan yaitu 2 tahun.

### 2.2.6 Distribusi Log Pearson III

Setelah diketahui tinggi curah hujan harian maksimum berdasarkan data curah hujan yang diperoleh, maka dapat menggunakan metode ini untuk menghitung besarnya hujan rencangan yang terjadi menggunakan periode ulang T tahun. (Soemarto 1987)

- Curah Hujan Rancangan :

$$\text{Log } X_i = \text{Log } \bar{X} + G.Sd$$

- Nilai Rerata

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n}$$

- Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{x})^2}{n-1}}$$

- Koefisien Asimetri Atau Kemencengan

$$Cs = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{x})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot sd^3}$$

Keterangan :

Log X = Nilai Logaritma dari X dengan Kala Ulang T Tahun

Log  $\bar{X}$  = Nilai rata-rata dari Log X

Sd = Standar Deviasi

G = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari kala ulang dankoefisien kemencengan

**Tabel 2. 3** Nilai G untuk distribusi Log Pearson III

		Kala-Ulang (Tahun)							
Koef		1,01	2	5	10	25	50	100	200
3,0	Skew	-0.667	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2,9		-0.690	-0.390	0.440	1.195	2.227	3,134	4.013	4.904
2,8		-0.714	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2,7		-0.740	-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	-0.360	0,518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2,4		-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2,3		-0.867	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2,2		-0.905	-0.330	0.574	1,284	2.240	2.970	3.705	4.444
2,1		-0.946	-0.319	0.592	1,294	2.230	2.942	3.656	4.372
2,0		-0.990	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1,9		-1,037	-0.294	0.627	1.310	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		-1,140	-0.268	0.660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,6		-1,197	-0.254	0.675	1,329	2.163	2.780	3.388	3.990
1,5		-1.256	-0.240	0.690	1.333	1.146	2.743	3.330	3.910
1,4		-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2,706	3.271	3.828
1,3		-1.383	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1,2		-1.449	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1,1		-1.518	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1,0		-1.588	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0,9		-1.660	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0,8		-1.733	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0,7		-1.806	-0.116	0.790	1.333	1.967	2,407	2.824	3.223
0,6		-1.880	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0,5		-1,955	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.231	2.686	3.041
0,4		-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949

0,3	-2,104	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0,2	-2.178	-0.033	0.830	1301	1,818	2.159	2.472	2.763
0,1	-2.252	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0,0	-2.326	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2,,576

Sumber : Suripin,2004

## 2.2.7 Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk mengetahui apakah suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang digunakan, maka penggambaran pada kertas probabilitas menggunakan metode Weibull. Metode ini banyak digunakan pada analisa frekuensi hujan harian maksimum. Adapun metode Weibull dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Metode Weibull.

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

Keterangan :

$P(X_i)$  = peluang terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan

$n$  = jumlah data pengamatan.

$m$  = nomor urut kejadian atau peringkat kejadian.

Dalam menentukan kesesuaian distribusi frekuensi (the goodness of fit) pada perhitungan statistik hidrologi dapat dilakukan dengan dua jenis pengujian yaitu :

### 1. Smirnov – Kolmogorov

Untuk memperkuat perkiraan pemilihan distribusi yang dipilih, maka dilakukan pengujian distribusi dengan menggunakan uji Smirnov-Kolmogorov dimana pengujianya tidak menggunakan fungsi sebaran tertentu. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kemungkinan untuk setiap sebaran empiris dan sebaran teoritisnya untuk mendapatkan nilai perbedaan yang dinyatakan dalam  $\Delta_{maks}$ . dalam bentuk persamaan dan ditulis sebagai berikut:

$$\Delta_{maks} = P_e - P_t$$

Keterangan :

$\Delta_{maks}$  = Selisih antara peluang empiris dan peluang teoritis

$\Delta_{Cr}$  = Simpangan Kritis

$P_e$  = Peluang Empiris

$P_t$  = Peluang Teoritis

Kemudian dibandingkan dengan  $\Delta_{maks}$  dengan  $\Delta_{Cr}$ , apabila  $\Delta_{maks} < \Delta_{Cr}$  maka pemilihan distribusi frekuensi tersebut dapat diterapkan. Setelah itu menentukan nilai kritis  $D_0$  untuk uji Smirnov-Kolmogorov menurut Hidrologi Teknik Soemarto (1987). Dapat dilihat pada tabel 2.3

**Tabel 2. 4** Nilai Kritis  $D_0$  untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	$\alpha$			
	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	0,270	0,300	0,340	0,400
20	0,230	0,260	0,290	0,360
25	0,210	0,240	0,270	0,320
30	0,190	0,220	0,240	0,290
35	0,180	0,200	0,230	0,270
40	0,170	0,190	0,210	0,250
45	0,160	0,180	0,200	0,240
50	0,150	0,170	0,190	0,230
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber : Soewarno

## 2. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat atau Chi-Square adalah uji kesesuaian distribusi pengamatan terhadap distribusi teoritis ke arah vertical. Rumus Chi-Square dinyatakan sebagai berikut:

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

Dimana :

$\chi^2$  = harga Chi kuadrat.

$Ef$  = banyaknya frekuensi yang diharapkan

$Of$  = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

Perhitungan uji Chi Kuadrat adalah :

1. Pengurutan data pengamatan dari besar ke kecil
2. Perhitungan jumlah kelas yang ada  $(K) = 1 + 3,322 \log n$ .
3. Perhitungan nilai  $Ef = \left[ \frac{n}{k} \right]$
4. Perhitungan banyaknya  $Of$  untuk masing – masing kelas

Derajat kebebasan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DK = K - (P + 1)$$

Dimana :

$DK$  = derajat kebebasan.

$K$  = banyaknya kelas.

$P$  = banyaknya keterikatan atau banyaknya parameter. Untuk sebaran untuk Chi kuadrat ditetapkan nilainya = 2

**Tabel 2. 5** Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Square

Significance level ( $\alpha$ )								
Degrees of freedom ( $df$ )	0,99	0,975	0,95	0,9	0,1	0,05	0,025	0,01
1	-----	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635
2	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	9,210
3	0,115	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815	9,348	11,345
4	0,297	0,484	0,711	1,064	7,779	9,488	11,143	13,277
5	0,554	0,831	1,145	1,610	9,236	11,070	12,833	15,086
6	0,872	1,237	1,635	2,204	10,645	12,592	14,449	16,812

Significance level ( $\alpha$ )								
Degrees of freedom ( $df$ )	0,99	0,975	0,95	0,9	0,1	0,05	0,025	0,01
7	1,239	1,690	2,167	2,833	12,017	14,067	16,013	18,475
8	1,646	2,180	2,733	3,490	13,362	15,507	17,535	20,090
9	2,088	2,700	3,325	4,168	14,684	16,919	19,023	21,666
10	2,558	3,247	3,940	4,865	15,987	18,307	20,483	23,209
11	3,053	3,816	4,575	5,578	17,275	19,675	21,920	24,725
12	3,571	4,404	5,226	6,304	18,549	21,026	23,337	26,217
13	4,107	5,009	5,892	7,042	19,812	22,362	24,736	27,688
14	4,660	5,629	6,571	7,790	21,064	23,685	26,119	29,141
15	5,229	6,262	7,261	8,547	22,307	24,996	27,488	30,578
16	5,812	6,908	7,962	9,312	23,542	26,296	28,845	32,000
17	6,408	7,564	8,672	10,085	24,769	27,587	30,191	33,409
18	7,015	8,231	9,390	10,865	25,989	28,869	31,526	34,805
19	7,633	8,907	10,117	11,651	27,204	30,144	32,852	36,191
20	8,260	9,591	10,851	12,443	28,412	31,410	34,170	37,566
21	8,897	10,283	11,591	13,240	29,615	32,671	35,479	38,932
22	9,542	10,982	12,338	14,041	30,813	33,924	36,781	40,289
23	10,196	11,689	13,091	14,848	32,007	35,172	38,076	41,638
24	10,856	12,401	13,848	15,659	33,196	36,415	39,364	42,980
25	11,524	13,120	14,611	16,473	34,382	37,652	40,646	44,314
26	12,198	13,844	15,379	17,292	35,563	38,885	41,923	45,642
27	12,879	14,573	16,151	18,114	36,741	40,113	43,195	46,963
28	13,565	15,308	16,928	18,939	37,916	41,337	44,461	48,278
29	14,256	16,047	17,708	19,768	39,087	42,557	45,722	49,588
30	14,953	16,791	18,493	20,599	40,256	43,773	46,979	50,892
40	22,164	24,433	26,509	29,051	51,805	55,758	59,342	63,691
50	29,707	32,357	34,764	37,689	63,167	67,505	71,420	76,154
60	37,485	40,482	43,188	46,459	74,397	79,082	83,298	88,379
70	45,442	48,758	51,739	55,329	85,527	90,531	95,023	100,425
80	53,540	57,153	60,391	64,278	96,578	101,879	106,629	112,329
100	61,754	65,647	69,126	73,291	107,565	113,145	118,136	124,116
1000	70,065	74,222	77,929	82,358	118,498	124,342	129,561	135,807

Sumber : Hidrologi Teknik Soemarto (1987)

### 2.2.8 Intensitas Hujan

Apabila data hujan yang tersedia hanyalah data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin, 2004):

$$I = \frac{R24}{24} \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3}$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

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

Tc = Lamanya hujan (jam).

Lamanya hujan pada perumusan diatas, dapat dinyatakan dengan waktu kosentrasi (tc) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari suatu titik terjauh pada Daerah Aliran Sungai (DAS) hingga mencapai titik yang ditinjau pada sungai. Kemiringan daerah aliran dan saluran dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$T_c = t_o + t_d$$

$$t_o = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167}$$

$$t_d = \frac{L}{60V}$$

Dimana:

tc = Waktu konsentrasi (jam)

to = Waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di permukaan (menit)

td = Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir (jam)

Lo = Panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran sampai mencapai inlet atau tempat pengamatan banjir atau jarak titik terjauh pada lahan terhadap saluran(m)

S = Kemiringan rata-rata

L = Panjang Saluran (m)

V = Kecepatan rata-rata saluran (m/det)

### 2.2.9 Debit Banjir Rancangan Daerah

Untuk mengetahui kapasitas saluran drainase atau debit banjir rancangan, pertama-tama hitung berapa banyak jumlah air hujan dan jumlah air rumah tangga yang akan melewati saluran drainase di wilayah perencanaan. Debit rancangan adalah jumlah total air hujan dan air buangan rumah tangga.

$$Q_{\text{ranc}} = 1,1 \times Q_{\text{banjir}}$$

$$Q_{\text{ranc}} = 1,1 \times (Q_{\text{hujan}} + Q_{\text{ak}})$$

$$Q_{\text{ranc}} = Q_{\text{hujan}} + Q_{\text{ak}}$$

Keterangan :

$$Q_{\text{ranc}} = \text{Debit rancangan (m}^3/\text{detik)}$$

$$Q_{\text{hujan}} = \text{Debit Air Hujan (m}^3/\text{detik)}$$

$$Q_{\text{ak}} = \text{Debit Air Kotor (m}^3/\text{detik)}$$

### 2.2.10 Metode Rasional

Debit air hujan dapat dihitung dengan menganalisa dimensi saluran berdasarkan besarnya debit air hujan yang akan dialirkan dengan menggunakan metode rasional. Metode tersebut dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan untuk luas DAS hingga 300 ha.

Rumus :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

dimana:

Q = Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas tertentu (m<sup>3</sup>/dt)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan (km<sup>2</sup>)

C = Koefisien aliran, tergantung pada jenis permukaan lahan

Metode rasional memperkirakan debit limpasan dengan pendekatan koefisien pengaliran yang merupakan perbandingan antara debit maksimum dengan intensitas hujan. Sehingga Metode Rasional modifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Cs = \frac{2 Tc}{2Tc + Td}$$

Di mana :

Cs = Koefisien tampungan

Tc = Waktu kosentrasi (jam)

Td = Waktu aliran air mengalir di dalam saluran (menit)

### 2.2.11 Koefisien Pengaliran ( C )

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara luasan hujan langsung dengan hujan total.

**Tabel 2. 6** Nilai Koefisien Aliran (C)

No	Jenis Daerah	Koefisien C
1	Daerah Perdagangan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perkotaan (<i>Down Town</i>)</li> <li>• Pinggiran</li> </ul>	0,70 – 0,90 0,50 – 0,70
2	Permukiman <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perumahan Satu Keluarga</li> <li>• Perumahan Berkelompok, Terpisah -Pisah</li> <li>• Perumahan Berkelompok, Bersambungan</li> <li>• Suburban</li> <li>• Daerah Apartemen</li> </ul>	0,30 – 0,50 0,40 – 0,60 0,60 – 0,75 0,25 – 0,40 0,50 – 0,70
3	Industri <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daerah Industri Ringan</li> <li>• Daerah Industri Berat</li> </ul>	0,50 – 0,80 0,60 – 0,90
4	Taman, Pekuburan	0,10 – 0,25
5	Tempat Bermain	0,20 – 0,35
6	Daerah Stasiun Kereta Api	0,20 – 0,40
7	Daerah Belum Diperbaiki	0,10 – 0,30
8	Jalan	0,70 – 0,95

9	Bata <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jalan, Hampan</li> <li>• Atap</li> </ul>	0,75 – 0,85 0,75 – 0,95
---	--	----------------------------

Sumber : Schwab, et al, 1981, dalam Arsyad (2006)

Nilai koefisien C untuk penggunaan lahan yang seragam, yang jarang terjadi pada lahan yang cukup besar. Dalam kasus di mana DAS kawasan terdiri dari berbagai jenis penggunaan lahan dengan koefisien pengaliran yang berbeda, koefisien DAS kawasan yang digunakan adalah koefisien DAS kawasan, yang dapat dihiung dengan persamaan berikut :

$$C_{das} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Keterangan:

$C_{DAS}$  = koefisien aliran permukaan suatu DAS

$A_i$  = luas lahan dengan jenis penutup lahan i

$C_i$  = koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i

n = jumlah jenis penutup lahan

### 2.2.12 Kapasitas Saluran

Air hujan dalam jumlah besar di suatu daerah harus segera dialirkan untuk menghindari banjir. Untuk dapat mengalirkan perlu adanya saluran yang dapat menampung dan mengalirkan air ke lokasi utama atau saluran akhir yang dapat berupa sungai dan kolam penampungan air. Kapasitas suatu saluran tergantung pada bentuk, kemiringan dan kekasaran saluran. Oleh karena itu penentuan kapasitas air harus berdasarkan banyaknya air hujan yang dibuang. Kapasitas saluran dapat dihitung dengan rumus :

#### 1. Luas Penampang Persegi

$$A = b \times h$$

#### 2. Keliling Persegi

$$P = b + 2h$$

## 3. Jari-jari Hidrolis

$$R = A/P$$

Keterangan :

b = Lebar Dasar Saluran (m)

h = Tinggi Saluran (m)

A = Luas Penampang (m)

P = Keliling Basah Saluran (m)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

## 4. Luas Penampang Trapezium

$$A = (b + m \times h) \times h$$

## 5. Keliling Trapezium

$$P = b + 2 \times h (m^2 + 1)^{0,5}$$

## 6. Jari-jari Hidrolis

$$R = A/P$$

Keterangan :

A = Luas Penampang (m)

m = Kemiringan dinding saluran

b = Lebar Dasar Saluran (m)

h = Tinggi Saluran (m)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

P = Keliling Basah Saluran (m)

## 7. Luas Penampang Segitiga

$$A = m \times h^2$$

## 8. Keliling Segitiga

$$P = 2h \sqrt{1 + m^2}$$

Keterangan :

A = Luas Penampang (m)

m = Kemiringan dinding saluran

h = Tinggi Saluran (m)

## 9. Luas Penampang Lingkaran

$$A = 1/8 (\theta - \sin \theta) d^2$$

## 10. Keliling Lingkaran

$$P = \frac{1}{2} \times \emptyset \times d$$

Keterangan :

A = Luas Penampang (m)

d = diameter saluran (m)

P = Keliling Basah Saluran (m)

## 11. Kecepatan Aliran

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran (m/s)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar saluran (m)

n = Koefisien kekasaran Manning

## 12. Kontinuitas

$$Q = A \times V$$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran rerata (m/s)

A = Luas Penampang Saluran (m)

Q = Kapasitas Saluran (m<sup>3</sup>/s)

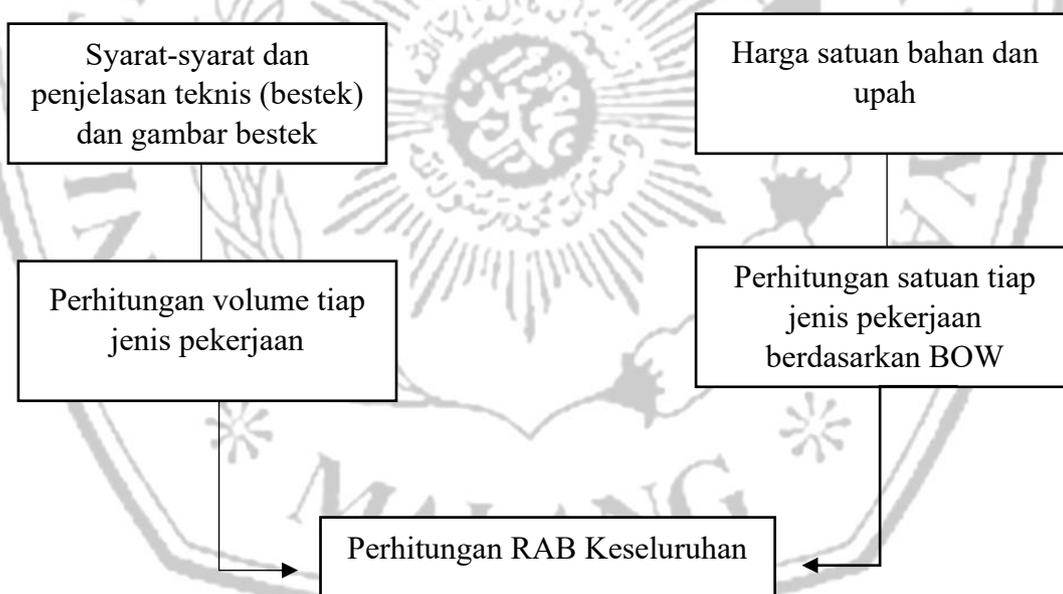
### 2.3 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana merupakan kumpulan informasi perencanaan yang mencakup rincian dan penjelasan tentang langkah-langkah serta prosedur pelaksanaan pembangunan suatu bangunan atau proyek. Anggaran merupakan estimasi atau perhitungan biaya yang diperlukan untuk pembangunan bangunan tersebut. Biaya merujuk pada jumlah pengeluaran yang terkait dengan kontrak yang terperinci dalam dokumen persyaratan yang terlampir. Jadi Rencana anggaran biaya (RAB) dapat diartikan sebagai estimasi yang mencakup semua biaya yang diperlukan, baik itu biaya upah maupun biaya bahan, yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah proyek konstruksi. Daftar ini memuat informasi tentang volume setiap material, harga satuan, serta total biaya untuk berbagai jenis

material dan biaya upah tenaga yang diperlukan dalam pelaksanaan proyek tersebut (Nugroho, Beeh, and Astuningdyas 2010).

Tujuan utama dari pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah menyajikan gambaran yang jelas dan terperinci mengenai spesifikasi konstruksi, perkiraan biaya, serta tahapan pelaksanaan dan penyelesaiannya. Anggaran biaya menjadi aspek yang paling penting dalam manajemen penyelenggaraan proyek. Perencanaan anggaran biaya harus dilakukan dengan cermat dan teliti sebelum pelaksanaan proyek dimulai, karena hal ini memastikan kelancaran jalannya proyek secara keseluruhan. Dengan memiliki RAB yang terstruktur dan terperinci, semua pihak terlibat dapat memiliki pandangan yang jelas mengenai kebutuhan dan alokasi sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut dengan lancar.

Adapun urutan pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat melalui bagan di bawah ini :



Sumber : G Bie Weking. 1991

### 2.3.1 Analisa Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Analisa merupakan proses penting dalam menetapkan harga dan upah masing-masing dalam bentuk satuan. Dalam penyusunan anggaran biaya bangunan, terdapat tiga jenis analisa yang harus dibedakan:

### 1. Analisa Bahan

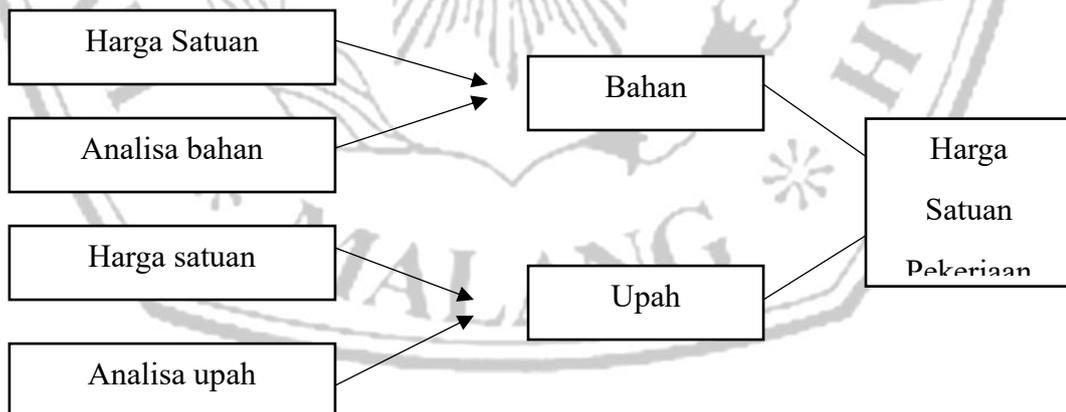
Analisa bahan suatu pekerjaan melibatkan perhitungan volume masing-masing bahan yang diperlukan serta estimasi biaya yang dibutuhkan untuk mendapatkan bahan-bahan tersebut.

### 2. Analisa Upah

Analisa upah mencakup perhitungan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk menjalankan pekerjaan, serta estimasi biaya yang terkait dengan upah mereka. Informasi tentang upah tenaga kerja diperoleh dari lokasi proyek dan dikumpulkan dalam daftar harga satuan upah. Dalam menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu proyek, penting untuk menyesuaikan harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dengan kondisi pasar dan lokasi pekerjaan karena kondisi tersebut dapat berbeda-beda antar daerah.

### 3. Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah total biaya yang terdiri dari biaya bahan dan biaya upah. Hal ini mencakup estimasi biaya keseluruhan untuk setiap unit pekerjaan yang dikerjakan. Berikut ini merupakan gambar skema harga satuan pekerjaan :



Sumber : (H. Bachtiar Ibrahim, 1993) Skema harga satuan pekerjaan

### 2.3.2 Perencanaan Biaya Pembuatan Saluran Drainase Perkotaan

Pembuatan saluran drainase perkotaan merupakan investasi yang memerlukan alokasi biaya yang signifikan. Proses pembuatan saluran drainase umumnya melibatkan penggalian atau penimbunan tanah, yang tergantung pada karakteristik topografi lokasi. Pentingnya untuk melakukan perencanaan yang cermat untuk memastikan efisiensi biaya yang optimal dan keberhasilan proyek dengan mempertimbangkan kenaikan biaya untuk pembuatan saluran drainase. Dengan demikian, biaya yang dikeluarkan tidak akan terlalu besar namun tetap memenuhi kebutuhan dan standar yang diharapkan.

### 2.3.3 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Keseluruhan

Pada dasarnya, perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan proses pengestimasian biaya secara terperinci yang mencakup biaya bahan bangunan dan biaya upah tenaga kerja, yang didasarkan pada analisis tertentu serta biaya-biaya lain yang terkait dengan pelaksanaan pekerjaan. Lebih lanjut, RAB dapat diartikan sebagai hasil akumulasi dari perkalian volume masing-masing pekerjaan dengan harga satuan yang telah ditetapkan. Dengan demikian, RAB memberikan gambaran yang jelas dan rinci mengenai total biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek konstruksi atau bangunan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

$$\text{RAB} = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$