

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Definisi Drainase

Sebuah lingkungan tempat tinggal yang layak dan nyaman harus mempunyai prasarana pendukung kehidupan salah satunya adalah prasarana drainase. Drainase menjadi suatu prasarana untuk menciptakan kehidupan yang bersih, sehat dan menyenangkan bagi penghuni lingkungan yang dilayaninya.

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, 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/lahan tidak terganggu. Drainase juga dapat diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah. (Suripin, 2004:7)

Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Dirunut dari hulunya, bangunan 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 waters*). Disepanjang jalan sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (*aqueduct*), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando, dan stasiun pompa. (Suripin, 2004:8)

#### 2.2 Tujuan Drainase

- a. Untuk meningkatkan kesehatan lingkungan permukiman.
- b. Pengendalian kelebihan air permukaan dapat dilakukan secara aman, lancar dan efisien serta sejauh mungkin dapat mendukung kelestarian lingkungan.

- c. Dapat mengurangi/menghilangkan genangan-genangan air yang menyebabkan bersarangnya nyamuk malaria dan penyakit-penyakit lain, seperti : demam berdarah, disentri serta penyakit lain yang disebabkan kurang sehatnya lingkungan permukiman.
- d. Untuk memperpanjang umur ekonomis sarana-sarana fisik antara lain : jalan, kawasan permukiman, kawasan perdagangan dari kerusakan serta gangguan kegiatan akibat tidak berfungsinya sarana drainase.

### **2.3 Fungsi Drainase**

- a. Meringankan bagian wilayah kota yang permukaan lahannya rendah dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik masyarakat.
- b. Mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya agar tidak membanjiri/menggenangi kota yang dapat merusak selain harta benda masyarakat juga infrastruktur perkotaan.
- c. Mengendalikan sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
- d. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

(H.A. Halim Hasmar 2012 : 1)

### **2.4 Jenis – jenis dan Pola – pola Drainase**

#### **2.4.1 Jenis – Jenis Drainase**

##### **A. Menurut Cara Terbentuknya**

##### **1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)**

Terbentuk secara alami, tidak ada unsur campur tangan manusia serta tidak terdapat bangunan-bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain.

##### **2. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)**

Dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainasi, untuk menentukan debit akibat hujan, kecepatan resapan air dalam tanah dan dimensi

saluran serta memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

## **B. Menurut Letak Saluran**

### 1. Drainase Muka Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

### 2. Drainase bawah Tanah (*Sub Surface Drainage*)

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain : tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah.

## **C. Menurut Fungsi**

### 1. *Single Purpose*

*Single purpose* yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja, misalnya air hujan atau jenis air buangan lain seperti air limbah domestik, air limbah industry dan lain-lain.

### 2. *Multi Purpose*

*Multi Purpose* adalah saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

## **D. Menurut Konstruksi**

### 1. Saluran Terbuka

Saluran untuk air hujan yang terletak di area yang cukup luas. Juga untuk saluran air non hujan yang tidak mengganggu kesehatan lingkungan.

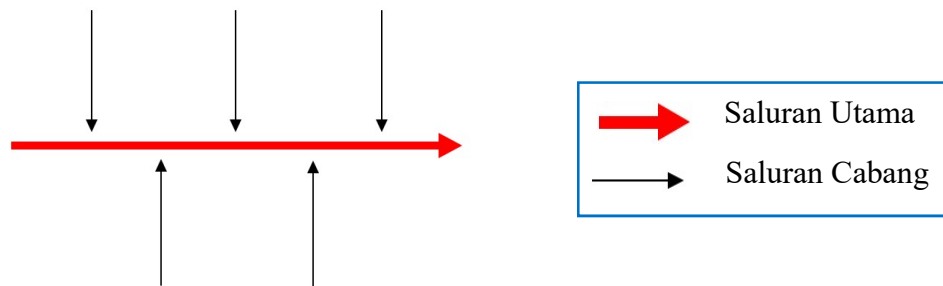
### 2. Saluran Tertutup

Saluran air untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan.

## 2.4.2 Pola – Pola Drainase

### a. Siku

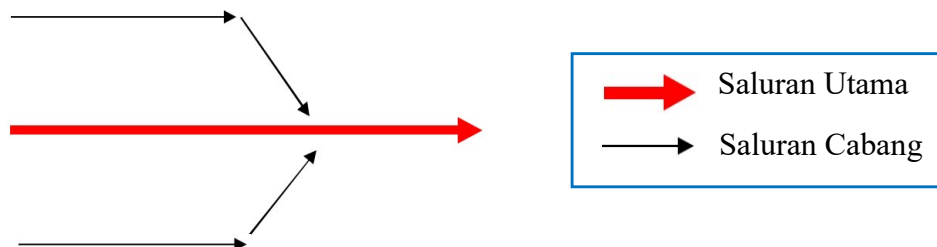
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota. (Sutarto Edisono,1997:6).



Gambar 2.1 Jaringan Drainase Siku

### b. Paralel

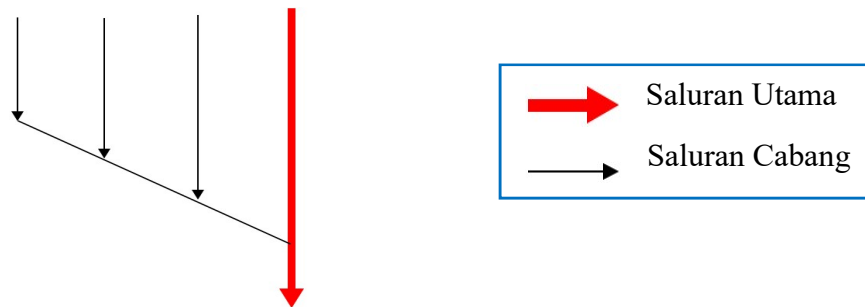
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kot, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri. (Sutarto Edisono,1997:6)



Gambar 2.2 Jaringan Drainase Paralel

c. *Grid Iron*

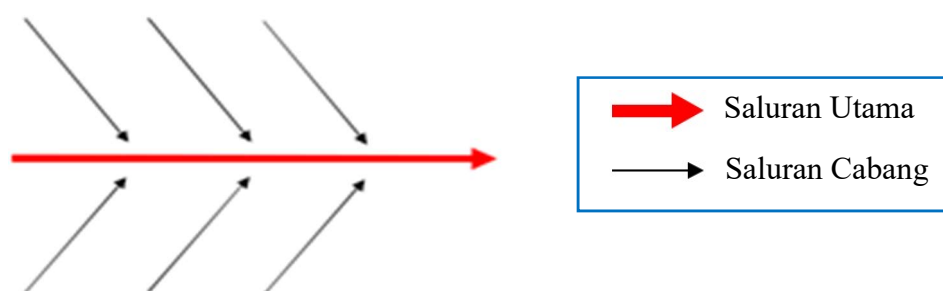
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran - saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul. (Sutarto Edisono,1997:7).



Gambar 2.3 Jaringan Drainase *Grid Iron*

d. Alamiah

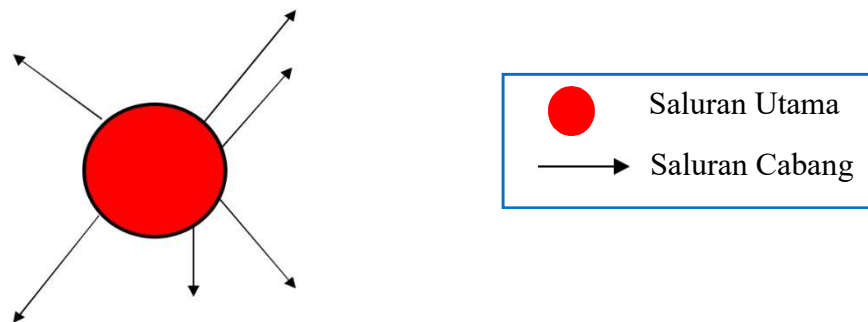
Sama seperti pola siku, hanya sungai pada pola alamiah lebih besar. (Sutarto Edisono,1997:7).



Gambar 2.4 Jaringan Drainase Alamiah

e. *Radial*

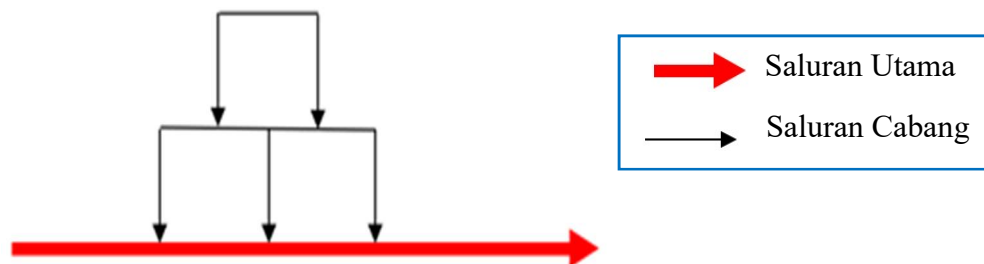
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah. (Sutarto Edisono,1997:7).



Gambar 2.5 Jaringan Drainase Radial

f. Jaring-Jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar. (Sutarto Edisono,1997:8).



Gambar 2.6 Jaringan Drainase Jaring – jaring

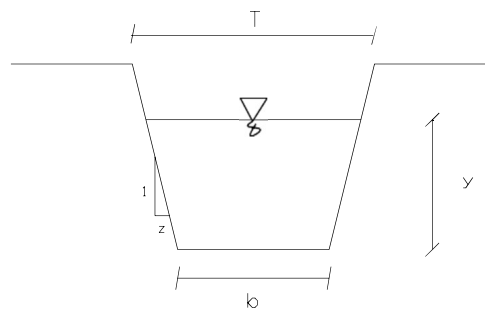
- Saluran Cabang adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya dibuang ke saluran utama.
- Saluran Utama adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus membahayakan daerah yang dilaluinya.

## 2.5 Bentuk Penampang Saluran

Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Adapun bentuk-bentuk saluran antara lain :

### A. Trapesium

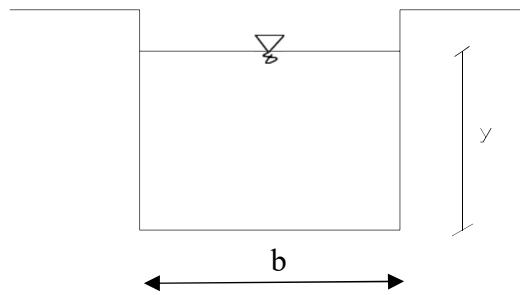
Pada umumnya saluran ini terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Saluran ini memerlukan cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 2.7 Penampang Trapesium

### B. Persegi

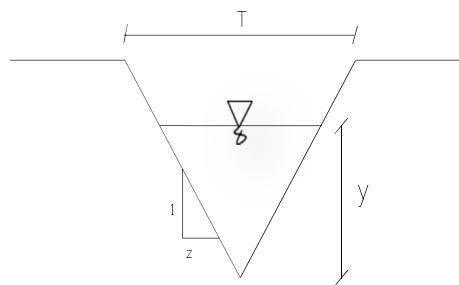
Saluran ini terbuat dari pasangan batu dan beton. Bentuk saluran ini tidak memerlukan banyak ruang dan areal. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 2.8 Penampang Persegi

### C. Segitiga

Saluran ini sangat jarang digunakan tetap mungkin digunakan dalam kondisi tertentu.

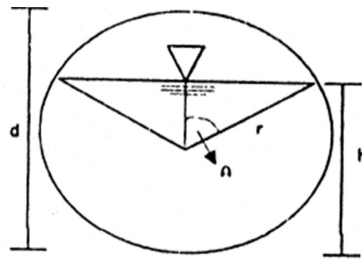


Gambar 2.9 Penampang Segitiga

### D. Lingkaran

Saluran ini terbuat dari pasangan batu atau dari beton dengan cetakan yang telah tersedia. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar. Biasanya digunakan untuk gorong-gorong dimana salurannya tertanam di dalam tanah.





Gambar 2.10 Penampang Lingkaran

Dari keempat penampang drainase yang ada dijelaskan, pada laporan kami hanya penampang persegi yang digunakan untuk sistem drainase perumahan Graha Bukit Rafflesia Kenten Sukamaju Palembang.

## 2.6 Kuantitas Air Hujan

Kuantitas air hujan atau curah hujan (CH) adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi ( mm ) diatas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, aliran run off, dan infiltrasi.

### 2.6.1 Pengukuran Hujan

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisa 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 1 hari. Untuk berbagai kepentingan perencanaan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian akan tetapi juga distribusi jam-jaman atau menitan. Hal ini akan membawa konsekuensi dalam pemilihan data dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis.

## 2.6.2 Alat Ukur Hujan

Dalam praktek pengukuran hujan terdapat 2 jenis alat ukur hujan, yaitu :

### 1. Alat Ukur Hujan Biasa (*Manual Raingauge*)

Data yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ini berupa data hasil pencatatan oleh petugas pada setiap periode tertentu. Alat pengukur hujan ini berupa corong dan sebuah gelas ukur yang masing-masing berfungsi untuk menampung jumlah air hujan dalam 1 hari (hujan harian)

### 2. Alat Ukur Hujan Otomatis (*Automatic Raingauge*)

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat ini berupa data pencatatan secara terus menerus pada kertas pencatat yang dipasangi pada alat ukur. Berdasarkan data ini akan dapat dilakukan analisa untuk memperoleh besaran intensitas hujan.

Tipe alat ukur hujan otomatis ada 3, yaitu :

- *Weighting Bucket Raingauge*
- *Float Type Raingauge*
- *Tipping Bucket Raingauge*

## 2.7 Analisa Hidrologi

Ilmu Hidrologi di dunia sebenarnya telah ada sejak orang mulai mempertanyakan dari mana asal mula air yang berada disekelilingnya, baik dalam bentuk mata air, selokan, sungai, danau rawa maupun air yang berada dalam tanah dan dalam tumbuh-tumbuhan. Salah satu definisi yang dianggap paling lengkap adalah yang disajikan oleh *Federal Council For Science and Technologi USA* ( Chow, 1964 ), yaitu hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari seluk-beluk air, kejadian dan distribusinya, serta reaksinya terhadap kebutuhan manusia.

### 2.7.1 Curah Hujan Ekstrim

Sistem hidrologi kadang-kadang di pengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (ekstrim), seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa yang luar biasa ekstrim kejadiannya sangat langka.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang adalah waktu dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui.

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang dikeringkan. (Sutarto Edisono, 1997:19).

Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan :

- Saluran kwarter : periode ulang 1 tahun
- Saluran tersier : periode ulang 2 tahun
- Saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
- Saluran primer : periode ulang 10 tahun

Penentuan periode ulang juga didasarkan pada pertimbangan ekonomis. Berdasarkan prinsip dalam penyelesaian masalah drainase perkotaan dan aspek hidrologi, sebelum dilakukan analisa frekuensi untuk mendapatkan besaran hujan dengan kala ulang tertentu harus dipersiapkan rangkaian data hujan berdasarkan pada durasi harian, jam-jaman, atau menitan.

Analisa frekuensi terhadap data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain Gumbell, Log Normal, Log Person III dan sebagainya. (Sutarto Edisono, 1997:20)

#### A. Distribusi Gumbel

Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda.

$$P(X) = e^{-e^{-a(X-b)}} \dots\dots\dots 2.1$$

Jika diambil  $Y = a(X-b)$ , dengan  $Y$  disebut *reduced varied*, maka persamaan (2.1) dapat ditulis

$$P(X) = e^{-e^{-Y}} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana  $e$  = bilangan alam = 2,7182818

Dengan mengambil dua kali harga logaritma dengan bilangan dasar terhadap persamaan (2.1) diperoleh persamaan berikut ini.

$$X = \frac{1}{a} [ab - \ln\{-\ln P(X)\}] \dots\dots\dots 2.3$$

Kala ulang (*return period*) merupakan nilai banyaknya tahun rata-rata dimana suatu besaran disamai atau dilampaui oleh suatu harga, sebanyak satu kali. Hubungan antara periode ulang dan probabilitas dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

$$Tr(X) = \frac{1}{1-P(X)} \dots\dots\dots 2.4$$

Substitusikan persamaan (2.4) ke dalam persamaan (2.1) akan diperoleh persamaan berikut ini.

$${}^xT_r = b - \frac{1}{a} \ln \left\{ -\ln \frac{Tr(x)-1}{Tr(x)} \right\} \dots\dots\dots 2.5$$

dengan  $Y = a(X-b)$ , maka diperoleh persamaan berikut ini.

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{Tr(X)-1}{Tr(X)} \right\} \dots\dots\dots 2.6$$

Dalam penggambaran pada kertas probabilitas, Chow (1964) menyarankan penggunaan rumus berikut ini.

$$X = \mu + \sigma K \dots\dots\dots 2.7$$

(Suripin, 2004:50)

$\mu$  = harga rata-rata populasi

$\sigma$  = standar deviasi (simpangan baku)

K = faktor probabilitas

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), maka persamaan (2.7) dapat didekati dengan persamaan

$$X = \bar{X} + sK \dots\dots\dots 2.8$$

$\bar{X}$  = harga rata-rata sampel

S = standar deviasi (simpangan baku) sampel.

Faktor probabilitas K untuk harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan

$$K = \frac{Y_{Tr}}{S_n} \dots\dots\dots 2.9$$

$Y_n$  = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n

$S_n$  = *reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n

$Y_{Tr}$  = *reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \dots\dots\dots 2.10$$

(Suripin, 2004:51)

Tabel 2.1 *Reduced Mean ( Yn )*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.507	0.51	0.5128	0.5128	0.5181	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.532	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.538	0.5388	0.5388	0.5403	0.541	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5422	0.5448	0.5448	0.5453	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5493	0.5497	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5527	0.553	0.5535	0.5538	0.554	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.555	0.5552	0.5552	0.5555	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.557	0.5572	0.5572	0.5574	0.5578	0.558	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5589	0.5591	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.56	0.5602	0.5603	0.5603	0.5604	0.5607	0.5608	0.5609	0.561	0.5611

(Sumber : Suripin, 2004 : 51 )

Tabel 2.2 *Reduced Standart Deviation ( Sn )*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9676	0.9833	0.9971	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0696	1.0754	1.0811	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.108
30	1.1124	1.1159	1.1159	1.1193	1.1226	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1436	1.1458	1.148	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.159
50	1.1607	1.1623	1.1623	1.1638	1.1658	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1759	1.177	1.1782	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1863	1.1873	1.1881	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.193
80	1.1938	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1973	1.198	1.1987	1.1694	1.2001
90	1.2007	1.2007	1.2013	1.202	1.2026	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.206
100	1.2065	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2084	1.2087	1.209	1.2093	1.2096

( Sumber : Suripin, 2004 : 52 )

Tabel 2.3 *Reduced Variate* ( $Y_T$ ) Sebagai Fungsi Periode Ulang

Periode Ulang	Reduced Variate	Periode Ulang	Reduced Variate
(tahun)	$Y_T$	(tahun)	$Y_T$
2	0.3668	100	4.6012
5	1.5004	200	5.2969
10	2.251	250	5.5206
20	2.9709	500	6.2149
25	3.1993	1000	6.9087
50	3.9028	5000	8.5188
75	4,3117	10000	9,2121

( Sumber : Suripin, 2004 : 52 )

### B. Distribusi Log-Person III

Pada suatu tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonservasi ke dalam bentuk logaritmis, ternyata kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk menjustifikasi pemakaian distribusi Log Normal.

Person telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatar belakangi pemakaian distribusi Log Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya.

Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan Person yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log-Person. (Suripin, 2004:41)

Type III (LP. III). Tiga parameter penting dalam LP. III, yaitu harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan.

Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person Tipe III.

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

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots 2.11$$

- Hitung harga simpangan baku:

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \dots\dots\dots 2.12$$

- Hitung koefisien kemencengan:

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots 2.13$$

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

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \dots\dots\dots 2.14$$

Dimana K adalah variabel standar (standardized variable) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G. (Suripin, 2004:42)

Tabel 2.4 Nilai K Untuk Distribusi Log-Person III

Koef. G	Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Presentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,669	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,281
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472



Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun ( periode ulang )								
Koef. G	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Presentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,715	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,116	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,720	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

( Sumber : Suripin, 2004 : 43 )

### 2.7.2 Uji kecocokan sebaran

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. pengujian parameter yang sering dipakai adalah Chi-kuadrat .

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

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots 2.15$$

$Xh^2$  = Parameter chi kuadrat terhitung

$G$  = Jumlah sub kelompok

$O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke  $i$

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke  $i$

Parameter  $\chi^2$  merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai  $\chi^2$  sama atau lebih besar dari pada nilai chi kuadrat sebenarnya ( $\chi^2$ ) dapat dilihat pada Lampiran tabel. (Suripin, 2004:57)

Prosedur uji chi kuadrat :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
- 2) Kelompokkan data menjadi  $G$  sub grub, tiap-tiap sub grub minimal 4 data pengamatan.
- 3) Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap-tiap sub grub.
- 4) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$ .
- 5) Tiap-tiap sub grub dihitung nilai  $(O_i - E_i)^2$  dan  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ .
- 6) Jumlahkan seluruh  $G$  sub grub nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi kuadrat hitung.
- 7) Tentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$  (nilai  $R = 2$  untuk distribusi normal dan binominal)

Interpretasi hasilnya adalah :

- 1) Apabila peluang lebih dari 5 % maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- 2) Apabila peluang lebih kecil dari 1 % maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
- 3) Apabila peluang berada diantara 1-5 % adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misalnya perlu ditambah data.

(Suripin, 2004:58)

### 2.7.3 Curah Hujan Wilayah

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujannya sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam atau di sekitar kawasan tersebut.

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan yaitu :

- a. Rata-rata aljabar
- b. *Polygon Thiessen*
- c. *Isohyet*

(Suripin, 2004:26)

#### A. 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 dengan 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.

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Keterangan :

P = Tinggi curah hujan wilayah

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>,...,P<sub>n</sub> = Tinggi curah hujan di pos penakar hujan

n = Banyaknya pos penakar hujan

(Suripin, 2004:27)

## B. Metode *Polygon Thiessen*

Metode ini juga dikenal sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberi proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak.

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

1. Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk *Polygon Thiessen*. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
3. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan plainmeter dan luas total DAS dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
4. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_2 + P_3 \cdot A_3 + \dots + P_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Keterangan :

P = Tinggi curah hujan daerah

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, ... , P<sub>n</sub> = Tinggi curah hujan pada pos penakar hujan

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, ..., A<sub>n</sub> = Luas areal poligon pada pos penakar

n = Banyaknya pos penakar hujan

(Suripin, 2004:27)

### C. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan.

Metode *Isohyet* terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

1. Plot data kedalaman air hujan untuk setiap pos penakar hujan pada peta.
2. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval Isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm.
3. Hitung luas area antara dua garis *isohyet* dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.

Hitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut :

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

Atau

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

Keterangan :

- P = Tinggi curah hujan daerah  
 P1, P2, P3, ... , Pn = Tinggi curah hujan pada pos penakar hujan  
 A1, A2, A3, ..., An = Luas areal poligon pada pos penakar  
 n = Banyaknya pos penakar hujan.

(Suripin, 2004:29)

### 2.7.4 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi ( IDF = *Intensity-Duration-Frequency Curve* ). Rumus yang biasa digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan adalah sebagai berikut :

#### A. Rumus Mononobe

$$I = \frac{R}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \text{ mm/jam}$$

Keterangan :

$R$  = Curah hujan rancangan setempat dalam mm

$t_c$  = Lama waktu konsentrasi dalam jam

$I$  = Intensitas hujan dalam mm/jam

### 2.7.5 Debit Rancangan

Ada beberapa metode untuk memperkirakan laju aliran puncak ( debit banjir ). Metode yang dipakai pada suatu lokasi lebih banyak ditentukan oleh ketersediaan data. Secara umum, metode yang umum digunakan adalah Metode Rasional. (Suripin, 2004:78)

#### A. Metode Rasional

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai metode Rasional USSCS ( 1973 ). Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya. Persamaan matematik metode Rasional sebagai berikut :

$$Q_p = 0,00278CIA$$

Keterangan :

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

$C$  = Koefisien aliran permukaan

$I$  = Intensitas hujan (  $mm/detik$  )

$A$  = Luas DAS ( ha )

(Suripin, 2004: 79)

### 1. Koefisien aliran permukaan ( C )

Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor ini merupakan variabel yang paling menentukan hasil perhitungan debit banjir.

(Suripin, 2004 : 80)

Tabel 2.5 Koefisien limpasan untuk Metode Rasional

Karakter Permukaan	Koefisien Aliran ( C )
Business	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Rumah tunggal	0,30 – 0,50
Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
Perkampungan	0,25 – 0,40
Apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Ringan	0,50 – 0,80
Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,70 – 0,95
Batu bata, paving	0,50 – 0,70

Karakter Permukaan	Koefisien Aliran ( C )
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	
Datar 2%	0,05 – 0,10
Rata-rata, 2-7%	0,10 – 0,15
Curam, 7%	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat	
Datar 2%	0,13 - 0,17
Rata-rata, 2-7%	0,18 – 0,22
Curam, 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, perkuburan	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)

Tabel 2.6 Koefisien aliran untuk Metode Rasional ( dari *Hassing*, 1995 )

Koefisien Aliran $C = C_t + C_s + C_v$					
Topografi ( $C_t$ )		Tanah ( $C_s$ )		Vegetasi ( $C_v$ )	
Datar (< 1%)	0,03	Pasir dan gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1 – 10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Pertanian	0,11
Perbukitan ( 10- 20%)	0,16	Lempung dan lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (>20%)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

(Sumber : Suripin, 2004 : 81)



Jika DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka C yang dipakai adalah koefisien DAS yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Keterangan :

$A_i$  = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i

$C_i$  = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

n = Jumlah jenis penutup lahan

Cara lain penggunaan rumus Rasional dengan tata guna lahan tidak homogen sebagai berikut :

$$Qp = 0,002778 I \sum_{i=1}^n C_i A_i$$

( Suripin, 2004 : 81 )

## 2. Waktu Konsentrasi ( $t_c$ )

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh samai ke tempat keluar DAS ( titik kontrol ) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh *Kirpich* (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut :

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

Keterangan :

$t_c$  = Waktu konsentrasi dalam ( jam )

$L$  = Panjang saluran utama dari hulu sampai penguras ( km )

$S$  = Kemiringan rata-rata saluran utama ( m/m )

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

- Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat (  $t_o$  )
- Waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran (  $t_d$  ), sehingga :

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_o = \left[ \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]$$

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

Keterangan :

$n$  = 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)

( Suripin, 2004 : 82 )

Tabel 2.7 Konsumsi Air Bersih

No	Sumber	Satuan	Jumlah Aliran (l/unit/orng)	
			Antara	Rata-Rata
1	Rumah	Orang	200 – 280	220
2	Pondok	Orang	130 - 190	160
3	Kantin	Pengunjung	4 – 10	6
		Pekerja	30 – 50	40
4	Perkemahan	Orang	80 – 150	120
5	Penjual Minuman Buah	Tempat Duduk	50 – 100	75
6	Buffet (Coffee Shop)	Pengunjung	15 – 30	20
		Pekerja	30 – 50	40
7	Perkemahan Anak-Anak	Pekerja	250 – 500	400
8	Tempat Perkumpulan	Pekerja	40 – 60	50
		Orang	40 – 60	50
9	Ruang Makan	Pengunjung	15 – 40	30
10	Asrama / Perumahan	Orang	75 – 175	150
11	Hotel	Orang	150 – 240	200
12	Tempat Cuci Otomatis	Mesin	180 – 2600	2200
13	Toko	Pengunjung	5 – 20	10
		Pekerja	30 – 50	40
14	Kolam Renang	Pengunjung	20 – 50	40
		Pekerja	30 – 50	40
15	Gedung Bioskop	Tempat Duduk	10 – 15	10
16	Pusat Keramaian	Pengunjung	15 – 30	20

(Sumber : Gunadarma 2011)

### 2.7.6 Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah hasil aktivitas manusia berupa air buangan rumah tangga, dalam perhitungan air kotor diprediksi berdasarkan kebutuhan air bersih

dan diperkirakan besarnya air buangan sebesar 75% dari kebutuhan air bersih dan sisanya digunakan pada proses industri, penyiraman kebun dan lain-lain.

Untuk menentukan debit air kotor maka diperlukan faktor puncak. Faktor puncak diperoleh berdasarkan jumlah penduduk yang ada. (Suhardjono : 1984 )

## **2.8 Pengaruh Pasang Surut Terhadap Sistem Drainase**

Pasang surut mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap sistem drainase, khususnya untuk daerah yang datar dengan elevasi muka tanah yang tidak cukup tinggi. Permasalahan yang dihadapi antara lain :

- a. Terjadinya genangan pada kawasan-kawasan yang elevasinya berada di bawah muka air pasang.
- b. Terhambatnya aliran air / banjir pada saluran yang langsung terhubung dengan laut atau sungai (yang terpengaruh pasang surut) akibat naiknya permukaan air pada saat terjadi air pasang.
- c. Drainase sistem gravitasi tidak dapat bekerja dengan penuh, sehingga perlu bantuan pompa dan perlu dilengkapi pintu otomatis pada *outlet-outlet* yang berfungsi untuk mencegah masuknya air laut pada saat pasang, sehingga biaya konstruksi maupun operasi dan pemeliharaan sistem drainase menjadi mahal.
- d. Bangunan-bangunan air, khususnya yang terbuat dari metal, mudah berkarat dan rusak akibat terkena air laut. Hal ini akan meningkatkan biaya pemeliharaan.

## **2.9 Analisa Hidrolika atau Desain Saluran**

Dalam perencanaan desain saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai.

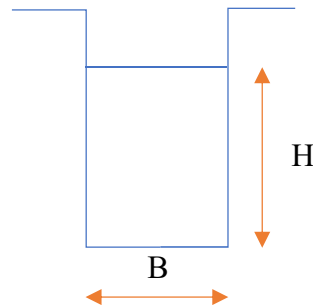
Potongan saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan, kemiringan dasar tertentu. Berdasarkan persamaan kontinuitas, tampak jelas bahwa untuk luas penampang melintang tetap, debit maksimum dicapai jika kecepatan aliran maksimum dicapai jika kecepatan aliran maksimum.

Debit aliran saluran yang sama dengan debit akibat hujan, harus dialirkan pada saluran bentuk empat persegi panjang, bentuk segi tiga, bentuk trapesium dan bentuk setengah lingkaran untuk drainasi muka tanah (*surface drainage*).

(H.A Halim Hasmar 2011:22)

a. Penampang bentuk empat persegi panjang

Pada penampang melintang saluran berbentuk empat persegi panjang dengan lebar dasar B dan kedalaman H. Penampang ekonomis dengan persyaratan ekonomis dapat dihitung dengan persamaan berikut.



Gambar 2.11 Penampang saluran empat persegi panjang

$$\begin{aligned} \text{Luas tampang saluran } F_s &= B \cdot H \\ \text{Keliling basah } P_s &= B + 2 H \\ \text{Radius hidrolis} &= F_s / P_s \\ \text{Debit aliran } Q &= F_s \cdot V \end{aligned}$$

(H.A Halim Hasmar, 2011:23)

b. Luas Desain Saluran

Tinggi muka air pada saluran (H) dan lebar saluran (B), merupakan parameter untuk menentukan luas basah saluran (Fs). Luas basah/desain saluran (Fs) dianalisis berdasarkan debit hujan (Q) yang nota bend menjadi debit saluran dan kecepatan aliran air pada saluran (V) :

(H.A Halim Hasmar 2011:19)

$$Q = F_s \cdot V \dots\dots\dots 2.24$$

$$F_s = Q / V \dots\dots\dots 2.25$$

V adalah kecepatan aliran air pada saluran drainase, yang didapatkan dari tabel i/v atau dianalisis dengan formula Manning atau Chezy.

c. Kecepatan Aliran Air

Kecepatan aliran air pada saluran, ditentukan berdasarkan :

1) Tabel kemiringan saluran versus kecepatan aliran

Tabel 2.8 Kemiringan saluran versus kecepatan rata-rata aliran

Kemiringan Saluran 1 (%)	Kecepatan rata-rata V ( m/dt)
< 1	0,40
1 - < 2	0,60
2 - < 4	0,90
4 - < 6	1,20
6 - < 10	1,50
10 - < 15	2,40

(H.A Halim Hasmar, 2011:20)

2) Berdasarkan formula manning dan chezy

Formula manning

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_s^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots 2.26$$

Keterangan :

$V$  = kecepatan aliran air di saluran

$n$  = Koefisien kekasaran dinding, tergantung jenis bahan saluran, untuk beton/plesteran 0,010.

$R_s$  = Radius hidrolis =  $F_s/P_s$

$I$  = Kemiringan Saluran

(H.A Halim Hasmar 2011:20)

Tabel 2.9 Kecepatan aliran yang diizinkan pada bahan dinding dan dasar saluran

Jenis Bahan	Kecepatan aliran ijin (m/dt)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau <i>alluvial</i>	0,60
kerikil halus	0,75
Lempung keras/kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil Kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Beton-beton bertulang	1,50

(H.A Halim Hasmar, 2011:21)

Tabel 2.10 Nilai Koefisien Hambatan ( $n_d$ )

Kondisi Lapis Permukaan	$n_d$
Lapisan semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,1
Tanah dengan rumput tipis dan gundul	0,2
dengan permukaan sedikit kasar	
Padang rumput	0,4
Hutan gundul	0,6
Hutan rimbum dan hutan gundul	0,8
rapat dengan hamparan rumput jarang sampai padat	

Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase, Standard Nasional Indonesia (SNI 03-3424-1994)

Tabel 2.11 Koefisien Kekasaran Manning

Type Saluran	Kondisi		
	Baik	Cukup	Buruk
- Saluran buatan			
1. saluran tanah, lurus beraturan	0.020	0.023	0.25
2. saluran tanah, digali biasanya	0.028	0.030	0.025
3. saluran batuan, tidak lurus dan tidak beraturan	0.040	0.045	0.045
4. saluran batuan, lurus beraturan	0.030	0.035	0.035
5. saluran batuan, vegetasi pada sisinya	0.030	0.035	0.040
6. dasar tanah, sisi batuan koral	0.030	0.030	0.040
7. saluran berluk-luk kecepatan rendah	0.025	0.028	0.030
- Saluran alam			
1. bersih, lurus, tetapi tanpa pasir dan tanpa celah	0.028	0.030	0.033
2. berliku, bersih, tetapi berpasir dan berlubang	0.035	0.040	0.045
3. idem 3, tidak dalam, kurang beraturan	0.045	0.050	0.065
4. aliran lambat, banyak tanaman dan lubang dalam	0.060	0.070	0.080
5. tumbuh tinggi dan padat	0.100	0.125	0.150
- Saluran dilapisi			
1. batu kosong tanpa adukan semen	0.030	0.033	0.035
2. idem 1, dengan adukan semen	0.020	0.025	0.030
3. lapisan beton sangat halus	0.011	0.012	0.013
4. lapisan beton biasa dengan tulangan baja	0.014	0.014	0.015
5. idem 4, tetapi tulangan kayu	0.016	0.016	0.018

Sumber : Drainase Perkotaan Gunadarma : 1997

Tabel 2.12 Kemiringan Saluran Berdasarkan Bahan Saluran

No	Bahan Saluran	Kemiringan (m)
1	Batuan/Cadas	~0
2	Tanah Lumpur	0.25
3	Lempung Keras/Tanah	0.5-1.0
4	Tanah dengan Pasangan	1
5	Batu	1.5
6	Lempung	2
7	Tanah Berpasir Lepas Lumpur Berpasir	3

(H.A Halim Hasmar, 201:22)

## 2.10 Bangunan Pelengkap Sistem Drainase

### A. Gorong-gorong

Gorong-gorong adalah saluran tertutup (pendek) yang mengalirkan air melewati jalan raya, jalan kereta api, atau timbunan lainnya. Gorong-gorong



biasanya dibuat dari beton, aluminium gelombang, baja gelombang, dan kadang-kadang plastik gelombang. Bentuk penampang melintang gorong-gorong bermacam-macam, ada yang bulat, persegi, oval, tapal kuda, dan segitiga.

Berdasarkan lokasi, dikenal ada dua macam pengontrol yang dapat digunakan pada gorong-gorong, yaitu pengontrol di depan ( *inlet* ) dan di belakang ( *outlet* ). ( Suripin, 2004 : 196 )

## 2.11 Pengelolaan Proyek

### 2.11.1 Pengertian Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan.

Karakteristik proyek konstruksi dapat dipandang dalam tiga dimensi, yaitu unik, melibatkan sejumlah sumber daya, dan membutuhkan organisasi. Kemudian, proses penyelesaiannya harus berpegang pada tiga kendala (*triple constrain*): sesuai spesifikasi yang ditetapkan, sesuai *time schedule*, dan sesuai dengan biaya yang direncanakan. ( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 11 )

### 2.11.2 Jenis-jenis Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua jenis kelompok bangunan, yaitu:

- a. **Bangunan gedung:** rumah, kantor, pabrik, dan lain-lain. Ciri-ciri dari bangunan ini adalah:
  - 1) Proyek konstruksi menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal.
  - 2) Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang relatif sempit dan kondisi pondasi umumnya sudah diketahui.
  - 3) Manajemen dibutuhkan, terutama untuk *progressing* pekerjaan.

**b. Bangunan sipil:** jalan, jembatan, bendungan, dan infrastruktur lainnya.

Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah:

- 1) Proyek konstruksi dilaksanakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi kepentingan manusia.
- 2) Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang luas atau panjang dan kondisi pondasi sangat berbeda satu sama lain dalam suatu proyek.
- 3) Manajemen dibutuhkan untuk memecahkan masalah.

( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 14 )

### 2.11.3 Pihak-Pihak yang Terlibat Dalam Proyek Konstruksi

Pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi dari tahap perencanaan sampai pelaksanaan dapat dikelompokkan menjadi tiga pihak, yaitu pihak pemilik proyek (*owner*) atau prinsipal (*employer/client/bouwheer*), pihak perencana dan pihak kontraktor. ( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 44 )

#### a. Pemilik proyek

Pemilik proyek atau pemberi tugas atau pengguna jasa adalah orang/badan yang memiliki proyek dan memberikan pekerjaan atau menyuruh memberikan pekerjaan pada pihak penyedia jasa dan yang membayar badan/lembaga /instansi pemerintah atau jasa.

Hak dan kewajiban pengguna jasa.

- Menunjuk penyedia jasa (Konsultan dan Kontraktor).
- Meminta laporan secara periodik mengenai pelaksanaan pekerjaan yang telah dilakukan oleh penyedia jasa.
- Memberikan fasilitas baik berupa sarana dan prasarana yang dibutuhkan oleh pihak penyedia jasa untuk kelancaran pekerjaan.
- Menyediakan lahan untuk tempat pelaksanaan pekerjaan.
- Menyediakan dana dan kemudian membayar kepada pihak penyedia jasa sejumlah biaya yang diperlukan untuk mewujudkan sebuah bangunan.

- Ikut mengawasi jalannya pelaksanaan pekerjaan yang direncanakan dengan cara menempatkan atau menunjuk suatu badan atau orang untuk bertindak atas nama pemilik.
- Mengesahkan perubahan dalam pekerjaan (bila terjadi).
- Menerima dan mengesahkan pekerjaan yang telah selesai dilaksanakan oleh penyedia jasa jika produknya telah selesai dengan apa yang dikehendaki.

#### **b. Konsultan**

Pihak/badan yang disebut konsultan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu konsultan perencana dan konsultan pengawas. Konsultan perencana dapat dipisahkan menjadi beberapa jenis berdasarkan spesialisnya, yaitu konsultan yang menangani bidang arsitektur, bidang sipil, bidang mekanikal dan elektrikal dan lain sebagainya. Berbagai jenis bidang tersebut umumnya menjadi satu kesatuan dan disebut konsultan perencana.

#### **c. Konsultan perencana**

Konsultan perencana adalah orang-orang yang membuat perencanaan bangunan secara lengkap baik bidang arsitektur, sipil dan bidang lain yang melekat erat membentuk sebuah sistem bangunan. Konsultan perencana dapat berupa perseorangan/perorangan badan hukum/badan hukum yang bergerak dalam bidang perencanaan pekerjaan bangunan.

Hak dan kewajiban konsultan perencana adalah:

- Membuat perencanaan secara lengkap yang terdiri dari gambar rencana, rencana kerja dan syarat-syarat, hitung struktur, rencana anggaran biaya
- Memberikan usulan serta pertimbangan kepada pengguna jasa dan pihak kontraktor tentang pelaksanaan pekerjaan.
- Memberikan jawaban dan penjelasan kepada kontraktor tentang hal-hal yang kurang jelas dalam gambar rencana, rencana kerja dan syarat-syarat.
- Membuat gambar revisi bila terjadi perubahan rencana.
- Menghadiri rapat koordinasi.

#### **d. Konsultan pengawas**

Konsultan pengawas adalah orang/badan yang ditunjuk pengguna jasa untuk membantu dalam pengelolaan pelaksanaan pekerjaan pembangunan mulai awal hingga berakhirnya pekerjaan tersebut.

Hak dan kewajiban konsultan pengawas adalah:

- Menyelesaikan pelaksanaan pekerjaan dalam waktu yang telah ditetapkan.
- Membimbing dan mengadakan pengawasan secara periodik dalam pelaksanaan pekerjaan.
- Melakukan perhitungan prestasi pekerjaan.
- Mengoordinasi dan mengendalikan kegiatan konstruksi serta aliran informasi antara berbagai bidang agar pelaksanaan pekerjaan berjalan dengan lancar.
- Menghindari kesalahanyang mungkin terjadi sedini mungkin serta menghindari pembengkakan biaya.

#### **e. Kontraktor**

Kontraktor adalah orang/badan yang menerima pekerjaan dan menyelenggarakan pelaksanaan pekerjaan sesuai biaya yang telah ditetapkan berdasarkan gambar rencana dan peraturan serta syarat-syarat yang ditetapkan. Kontraktor dapat berupa perusahaan perseorangan yang berbadan hukum atau sebuah badan hukum yang bergerak dalam bidang pelaksanaan pekerjaan.

Hak dan kewajiban kontraktor adalah:

- Melaksanakan pekerjaan sesuai gambar rencana, peraturan dan syarat-syarat, risalah penjelasan pekerjaan, (*aanvulings*) dan syarat-syarat tambahan yang telah ditetapkan oleh pengguna jasa.
- Membuat gambar-gambar pelaksanaan yang disahkan oleh konsultan pengawas sebagai wakil dari pengguna jasa.
- Menyediakan alat keselamatan kerja seperti yang diwajibkan dalam peraturan untuk menjaga keselamatan pekerja dan masyarakat.

- Membuat laporan hasil pekerjaan berupa laporan harian, mingguan dan bulanan.
- Menyerahkan seluruh atau sebagian pekerjaan yang telah diselesaikannya sesuai ketentuan yang berlaku.

#### **2.11.4 Manajemen Proyek**

Defenisi menejemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu. ( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 21 )

#### **2.11.5 Unsur-Unsur Pengelola Proyek Konstruksi**

Proyek konstruksi dikelola oleh sekelompok orang yang mempunyai tugas dan tanggung jawab yang berbeda-beda. Setiap proyek dikelola oleh tim yang terdiri dari manajer proyek (*project manager*), *site manager*, teknik administrasi kontrak, personalia dan keuangan. Koordinasi anggota tim proyek dilakukan sepenuhnya oleh manajer proyek. ( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 22 )

Manajer proyek dapat didefenisikan sebagai seorang yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan hingga selesainya suatu proyek, mulai dari kegiatan yang palng awal. Manajer proyek bertanggung jawab terhadap organisasi induk, proyeknya sendiri, dan tim yang bekerja dalam proyeknya. Adapun kriteria manajer proyek adalah mampu mengusahakan sumber daya yang memadai, memotivasi sumber daya manusia, membuat keputusan yang tepat, melakukan *trade off* untuk kebutuhan proyek, mempunyai pandangan yang berimbang terhadap timnya, berkomunikasi dengan baik, dan mampu melakukan negosiasi.

#### **2.11.6 Dokumen Tender**

Dokumen tender adalah suatu dokumen yang dibuat oleh konsultan perencana atas permintaan kerja. Dokumen tender akan memberikan penjelasan kepada peserta lelang. Sistem tender dilakukan oleh pemilik proyek untuk menjual pelaksanaan proyek tersebut agar dilakukan dengan harga yang serendah-

rendahnya dan wajar dengan waktu yang sesingkat-singkatnya melalui sistem kompetisi dan sistem proyek tersebut dilakukan dengan kontrak. Dokumen tender penting untuk semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan suatu proyek, adapun dokumen tender sebagai berikut :

a. Rencana kerja dan syarat (RKS)

Rencana Kerja dan Syarat (RKS) merupakan sebuah buku yang berisi tentang syarat-syarat administrasi berupa instruksi kepada penyedia jasa, fungsi RKS ialah sebagai kelengkapan gambar kerja yang di dalamnya memuat uraian tentang :

1) Syarat-syarat umum

Berisi keterangan mengenai pekerjaan, pemberi tugas dan pengawas bangunan

2) Syarat-syarat administrasi

Berisikan mengenai jangka waktu pelaksanaan, tanggal penyerahan pekerjaan, syarat-syarat pembayaran, denda keterlambatan, besarnya jaminan penawaran, besarnya jaminan pelaksanaan

3) Syarat-syarat teknis berisikan mengenai jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilakukan, jenis dan mutu bahan yang digunakan.

b. Rencana kerja

Sebelum pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi dimulai, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metoda konstruksi yang akan digunakan. Pihak pengelola proyek melakukan kegiatan pendataan lokasi proyek guna mendapatkan informasi detail untuk keperluan penyusunan rencana kerja. ( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 153 )

c. Rencana lapangan

Rencana lapangan adalah suatu rencana peletakan bangunan-bangunan pembantu yang bersifat temporal yang diperlukan sebagai sarana pendukung untuk pelaksanaan pekerjaan. Oleh karena sifatnya yang temporal maka pada akhirnya bangunan ini harus dibongkar sehingga pemilihan jenis material disesuaikan engan keadaan dan kondisi lokasi.

Tujuan pembuatan rencana lapangan adalah mengatur letak bangunan-bangunan pembantu sedemikian rupa sehingga pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan dengan efisien, lancar, aman dan sesuai dengan rencana kerja yang disusun. ( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 154 )

d. Gambar kerja

Gambar kerja adalah gambar acuan yang digunakan untuk merealisasikan antara ide ke dalam wujud fisik. Gambar kerja harus dipahami oleh semua personel yang terlibat dalam proses fisik. Gambar kerja pun terdiri dari berbagai unsur, yang memuat informasi tentang mengenai dimensi, bahan dan warna

e. Rencana anggaran biaya

Kegiatan estimasi adalah satu proses utama dalam proyek konstruksi untuk menjawab pertanyaan “berapa besar dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan?”. Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. ketidaktepatan yang terjadi dalam penyediannya akan berakibat kurang baik pada pihak-pihak yang ada didalamnya.

Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah perusahaan, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Estimasi dapat diartikan peramalan kejadian pada masa akan datang. Dalam proyek konstruksi, khususnya pada tahap pelaksanaan, kontraktor hanya dapat memberikan urutan kegiatan, aspek pembiayaan, aspek kualitas dan aspek waktu dan kemudian memberi nilai pada masing-masing kejadian tersebut.

Kegiatan estimasi pada umumnya dilakukan dengan terlebih dahulu mempelajari gambar rencana dan spesifikasi. Berdasarkan gambar rencana, dapat diketahui kebutuhan material yang nantinya akan digunakan, sedangkan berdasarkan spesifikasi dapat diketahui kualitas bangunnya. Perhitungan kebutuhan material dilakukan secara teliti dan konsisten kemudian ditentukan harganya. Dalam melakukan kegiatan estimasi, seorang estimator harus memahami proses konstruksi secara menyeluruh, termasuk jenis dan kebutuhan alat, karena faktor tersebut dapat memengaruhi biaya konstruksi. Selain faktor-faktor diatas terdapat faktor lain yang sedikit banyak ikut memberi kontribusi dalam pembuatan perkiraan biaya, yaitu:

1. Produktivitas tenaga kerja
2. Ketersediaan material
3. Ketersediaan peralatan
4. Cuaca
5. Jenis kontak
6. Masalah kualitas
7. Etika
8. Sistem pengendalian
9. Kemampuan manajemen.

( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 129 )

#### **2.11.7 Penyusunan anggaran biaya proyek**

Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari siapa/pihak yang membuatnya. Pihak *owner* membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi.

Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah berikut :

1. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
2. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
3. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran. Dalam tulisan ini, digunakan perhitungan berdasarkan analisa BOW (*Burgelijke Openbare Werken*).
4. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.



5. Membuat rekapitulasi.

( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 141 )

### 2.11.8 Scheduling

Perencanaan merupakan bagian terpenting untuk mencapai keberhasilan proyek konstruksi. Pengaruh perencanaan terhadap proyek konstruksi akan berdampak pada pendapatan dalam proyek itu sendiri. Hal ini dikuatkan dengan berbagai kejadian dalam proyek konstruksi yang menyatakan bahwa perencanaan yang baik dapat menghemat  $\pm 40\%$  dari biaya proyek, sedangkan perencanaan yang kurang baik dapat menimbulkan kebocoran anggaran sampai  $\pm 400\%$ .

Sering terjadi ketidaktepatan persepsi oleh pihak industri konstruksi antara “perencanaan” dan “penjadwalan”. Kedua kata tersebut sering disatukan dan digunakan untuk menyebut jabatan seorang dalam unit usaha “perencanaan dan penjadwalan”. Arti keduanya sangat berlainan meskipun tetap tetap saling berkaitan. “penjadwalan” digunakan untuk menggambarkan “proses” dalam proyek konstruksi dan merupakan bagian dari “perencanaan”.

( Wulfram I. Evrianto, 2002 : 161 )

### 2.11.9 Barcharts dan Kurva S

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (*bar charts*) atau *Gant charts*. *bar charts* digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakainya.

*Bar charts* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- a) **Daftar item kegiatan**, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.

- b) **Urutan pekerjaan**, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- c) **Waktu pelaksanaan pekerjaan**, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

Kurva S adalah hasil plot dan bar chart, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Definisi lain, kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (*progress*) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu (Soeharto, 1997). Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh proyek. (Wulfram I. Evrianto, 2002 : 162 )

#### 2.11.10 Network Planning

Dalam Manajemen Konstruksi *network planning* atau metode jaringan kerja merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan menunjukkan susunan logis antar kegiatan, hubungan timbal balik antara pembiayaan dan waktu penyelesaian proyek, dan berguna dalam merencanakan urutan kegiatan yang saling tergantung dihubungkan dengan waktu penyelesaian proyek yang diperlukan (Dipohusudo, 1996). Diagram yang terbentuk dari metode jaringan kerja menunjukkan hubungan preseden antar kegiatannya, diagram ini membantu pengguna dalam mengerti alur kerja suatu proyek sehingga dapat berguna dalam perencanaan dan pengendalian pada penjadwalan. (Irika Widiasanti dan Lenggogeni, 2013:77)