

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Drainase**

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Menurut Suripin (2004:7) dalam bukunya yang berjudul *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase 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. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

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 (Suripin, 2004) :

- a. Mengeringkan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
- b. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
- c. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
- d. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

### **2.1.1 Drainase Perkotaan**

Sebagai salah satu sistem dalam perencanaan perkotaan, maka sistem drainase yang ada dikenal dengan istilah sistem drainase perkotaan. Berikut definisi drainase perkotaan (Hasmar, 2002) :

1. Drainase perkotaan yaitu ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial-budaya yang ada di kawasan kota.
2. Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi :
  - a. Permukiman
  - b. Kawasan industri dan perdagangan
  - c. Kampus dan sekolah
  - d. Rumah sakit dan fasilitas umum
  - e. Lapangan olahraga
  - f. Lapangan parkir
  - g. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi
  - h. Pelabuhan udara.

### **2.1.2 Sistem Drainase Perkotaan**

Standar dan sistem penyediaan drainase kota sistem penyediaan jaringan drainase terdiri dari empat macam, yaitu (Hasmar, 2002) :

1. Sistem drainase utama merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat kota.
2. Sistem drainase lokal merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian kecil warga masyarakat kota.
3. Sistem drainase terpisah merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan terpisah untuk air permukaan atau air limpasan.
4. Sistem gabungan merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan yang sama, baik untuk air genangan atau air limpasan yang telah diolah.

### 2.1.3 Sarana Drainase Perkotaan

Sarana penyediaan sistem drainase dan pengendalian banjir adalah (Hasmar, 2002) :

1. Penataan sistem jaringan drainase primer, sekunder dan tersier melalui normalisasi maupun rehabilitasi saluran guna menciptakan lingkungan yang aman dan baik terhadap genangan, luapan sungai, banjir kiriman, maupun hujan lokal.

Berdasarkan masing-masing jaringan dapat didefinisikan sebagai berikut:

- a. Jaringan primer merupakan saluran yang memanfaatkan sungai dan anak sungai.
  - b. Jaringan sekunder merupakan saluran yang menghubungkan saluran tersier dengan saluran primer (dibangun dengan beton/plesteran semen).
  - c. Jaringan tersier merupakan saluran untuk mengalirkan limbah rumah tangga ke saluran sekunder, berupa plesteran, pipa dan tanah.
2. Memenuhi kebutuhan dasar (*basic need*) drainase bagi kawasan hunian dan kota.
  3. Menunjang kebutuhan pembangunan (*development need*) dalam menunjang terciptanya skenario pengembangan kota untuk kawasan andalan dan menunjang sektor unggulan yang berpedoman pada Rencana Umum Tata Ruang Kota.

Sedangkan arahan dalam pelaksanaannya adalah :

- a. Harus dapat diatasi dengan biaya ekonomis.
- b. Pelaksanaannya tidak menimbulkan dampak sosial yang berat.
- c. Dapat dilaksanakan dengan teknologi sederhana.
- d. Memanfaatkan semaksimal mungkin saluran yang ada.
- e. Jaringan drainase harus mudah pengoperasian dan pemeliharaannya.
- f. Mengalirkan air hujan ke badan sungai yang terdekat.

#### 2.1.4 Sistem Jaringan Drainase Perkotaan

Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi atas 2 bagian, yaitu :

1. Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran atau badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Pada umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (*major system*) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal atau sungai-sungai. Perencanaan drainase makro ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5 sampai 10 tahun dan pengukuran topografi yang detail mutlak diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

2. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar. Pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro.

#### 2.2 Jenis Drainase

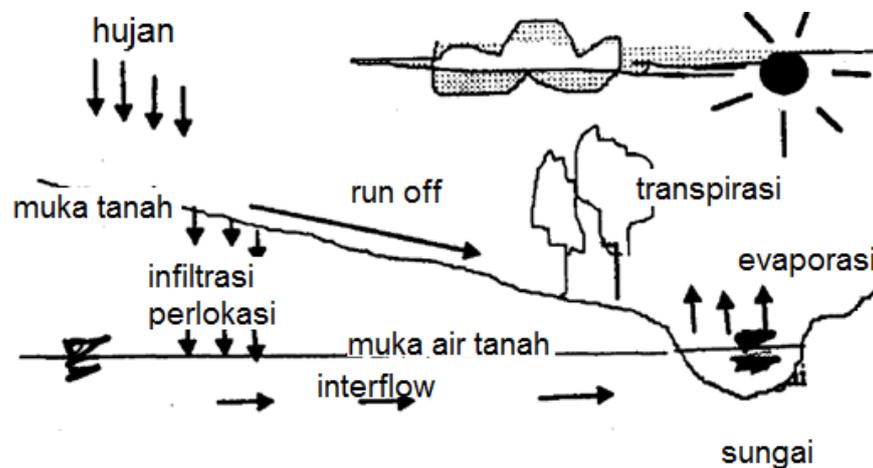
Drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut (Hasmar, 2012:3) :

## 1. Menurut sejarah terbentuknya

Drainase menurut sejarahnya terbentuk dalam berbagai cara, berikut ini cara terbentuknya drainase :

### a. Drainase alamiah (*natural drainage*)

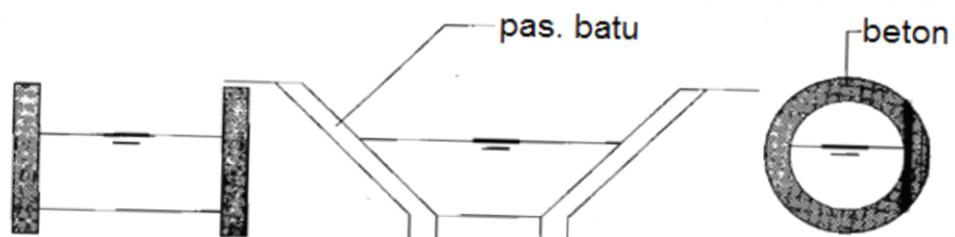
Yakni drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan- bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu / beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.



Gambar 2.1 Drainase Alamiah Pada Saluran Air

### b. Drainase buatan (*artificial drainage*)

Drainase ini dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu / beton, gorong- gorong, pipa-pipa dan sebagainya.



Gambar 2.2 Drainase Buatan

## 2. Menurut letak saluran

Saluran drainase menurut letak bangunannya terbagi dalam beberapa bentuk, berikut ini bentuk drainase menurut letak bangunannya :

### a. Drainase permukaan tanah (*surface drainage*)

Yakni saluran yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *open chanel flow*.

### b. Drainase bawah permukaan tanah (*sub surface drainage*)

Saluran ini bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa) karena alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain Tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

## 3. Menurut fungsi drainase

Drainase berfungsi mengalirkan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, berikut ini jenis drainase menurut fungsinya :

### a. *Single purpose*

Yakni saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain.

### b. *Multi purpose*

Yakni saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian, misalnya mengalirkan air buangan rumah tangga dan air hujan secara bersamaan.

## 4. Menurut konstruksi

Dalam merancang sebuah drainase terlebih dahulu harus tahu jenis kontruksi apa drainase dibuat, berikut ini drainase menurut konstruksi :

a. Saluran terbuka

Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini lebih sesuai untuk drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun drainase non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan.

b. Saluran tertutup

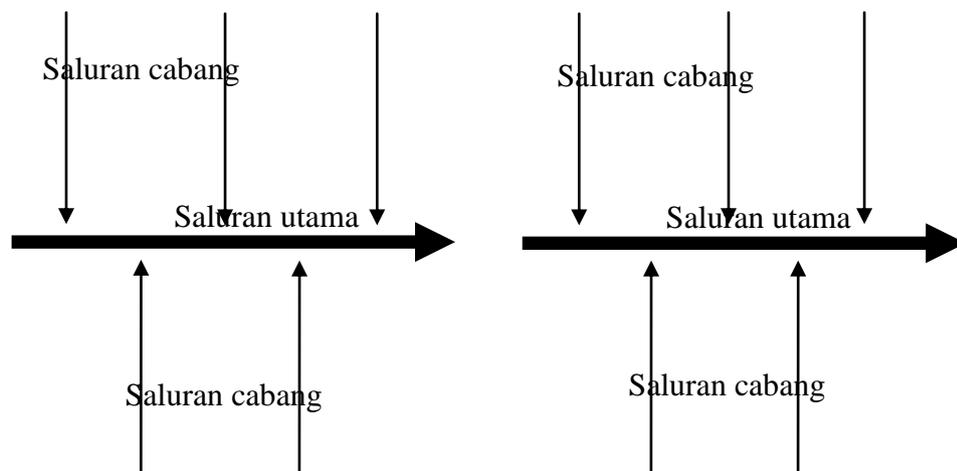
Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

### 2.3 Pola Jaringan Drainase

Jaringan drainase memiliki beberapa pola, yaitu (Hasmar, 2012:5) :

#### 1. Siku

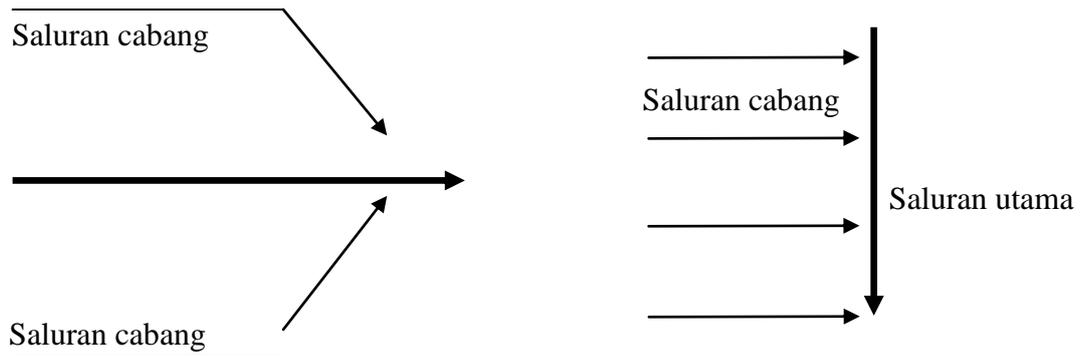
Pembuatannya pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota.



Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase

## 2. Pararel

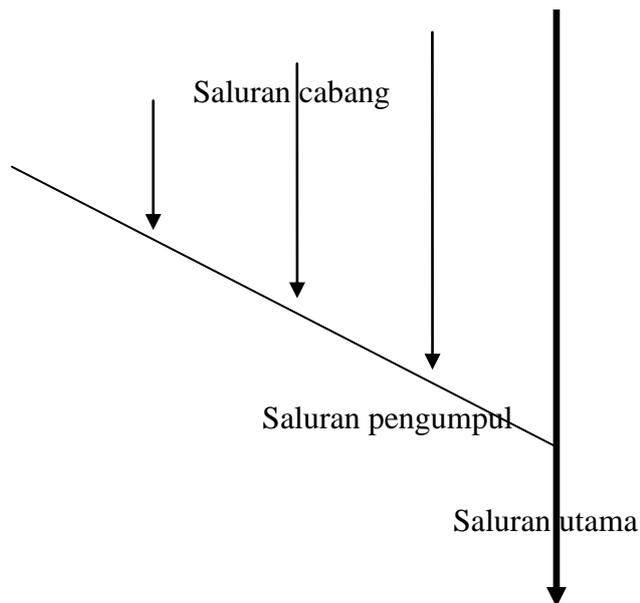
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Pararel

## 3. Grid Iron

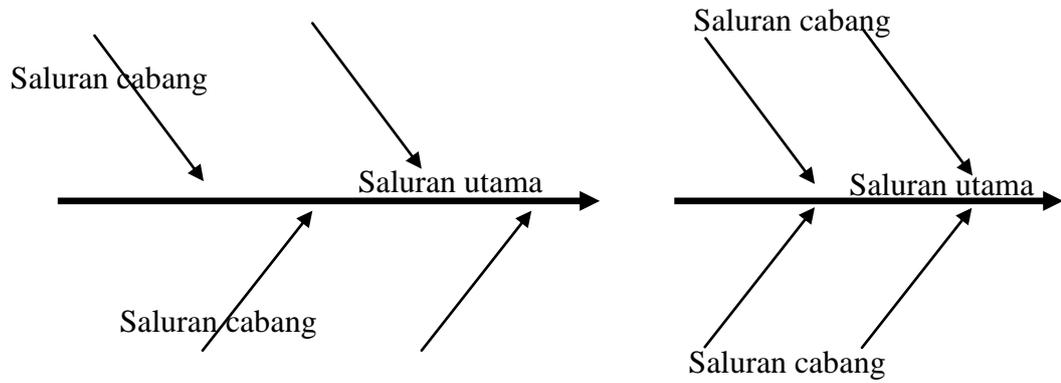
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase *Grid Iron*

#### 4. Alamiah

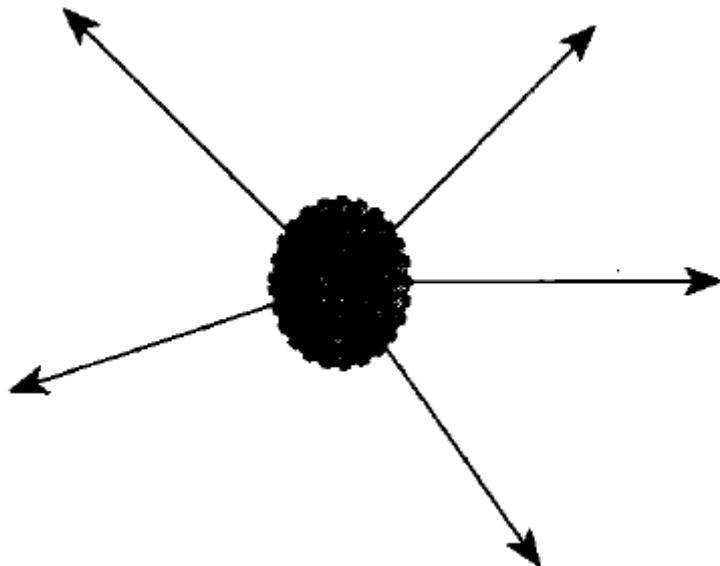
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar



Gambar 2.6 Pola Jaringan Drainase Alamiah

#### 5. Radial

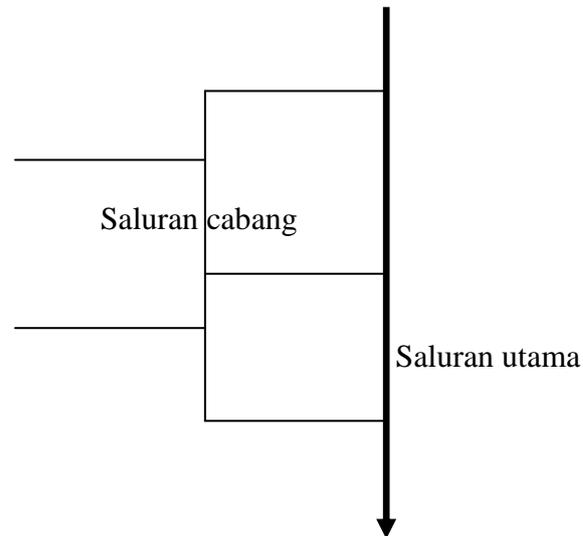
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.7 Pola Jaringan Drainase Radial

## 6. Jaring-jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.



Gambar 2.8 Pola Jaringan-Jaring-Jaring

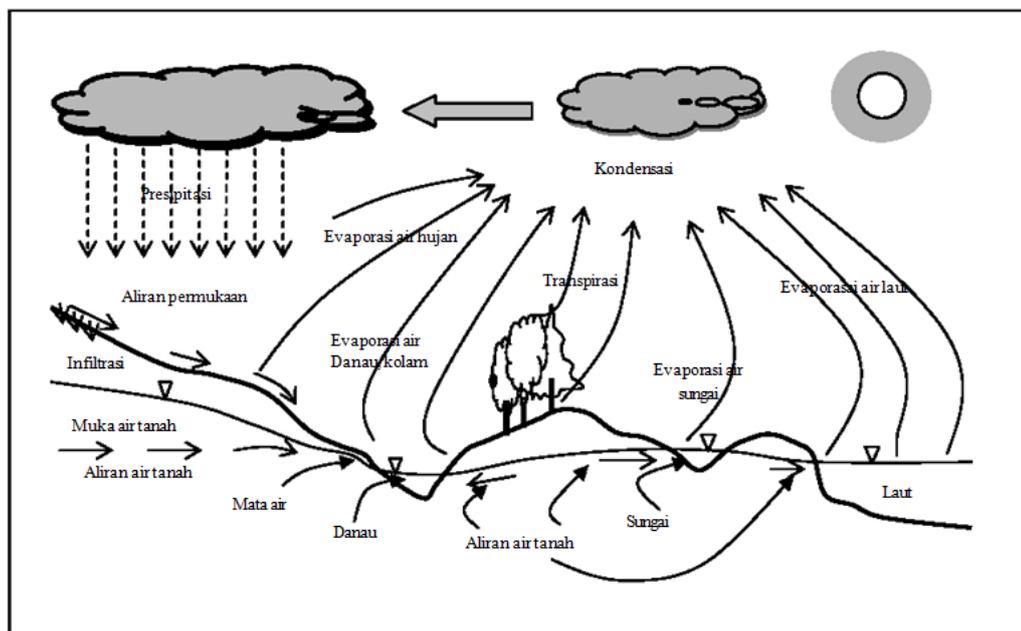
## 2.4 Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahannya antara lain : keadaan zat cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah, di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi. Tanpa kita sadari bahwa sebagian besar perencanaan bangunan sipil memerlukan analisis 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. (Soemarto,1987)

### 2.4.1 Siklus hidrologi

Dalam perencanaan suatu bangunan air yang berfungsi untuk pengendalian penggunaan air antara lain yang mengatur aliran sungai, pembuatan waduk-waduk dan saluran-saluran yang sangat diperlukan untuk mengetahui perilaku siklus yang

disebut dengan siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi / penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju atau hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Pada muka tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air *run off* atau aliran permukaan dan sebagian (infiltrasi) meresap kedalam lapisan tanah. Besarnya *run off* dan infiltrasi tergantung pada parameter tanah atau jenis tanah dengan pengujian tanah di laboratorium. Air *run off* mengalir di permukaan muka tanah kemudian ke permukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap kedalam lapisan tanah, akan menambah tinggi muka air tanah didalam lapisan tanah, kemudian juga merembes didalam tanah kearah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai dilaut, danau, sungai. Kemudian terjadi lagi proses penguapan. (Hasmar,2012:9)



Gambar 2.9 Siklus Hidrologi

#### 2.4.2 Analisis hidrologi

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam

analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya.

Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi. Sebelum informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan besaran hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisis untuk menetapkan berbagai sifat dan besaran hidrauliknya. Demikian juga pada dasarnya bangunan-bangunan tersebut harus dirancang berdasarkan suatu standar perancangan yang benar sehingga diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan.

### 2.4.3 Analisis frekuensi curah hujan

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).

Tabel 2.1 Parameter Statistik

Parameter	Sampel	Populasi
Rata-rata	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$	$\mu = E(X)$ $= \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$
Simpangan baku (standar deviasi)	$s = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{\frac{1}{2}}$
Koefisien variasi	$CV = \frac{s}{\bar{x}}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$
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))

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam baik secara manual maupun otomatis, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Berdasarkan ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi:

- Distribusi Normal
- Distribusi Log Normal
- Distribusi Log Person III
- Distribusi Gumbel.

Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi:

**a. Distribusi Normal**

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan curah hujan rencana menurut metode distribusi normal, mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T S \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- $X_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,
- $\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung variat,
- S = Deviasi standar nilai variat,
- $K_T$  = Faktor frekuensi

Untuk mempermudah perhitungan, nilai faktor frekuensi ( $K_T$ ) umumnya sudah tersedia dalam tabel, disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*), seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode ulang	T (tahun)	Peluang $K_T$
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

(Sumber : Suripin (2004))

### b. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi log normal data X diubah kedalam bentuk logaritmik  $Y = \log X$ . Jika variabel acak  $Y = \log X$  terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti Distribusi Log Normal. Untuk distribusi Log Normal perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \dots\dots\dots (2.3)$$

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$Y_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

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

S = deviasi standar nilai variat

$K_T$  = faktor frekuensi

### c. Distribusi Gumbel

Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

1. Besarnya curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (2.5)$$

2. Hitung standar deviasi dengan rumus :

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

3. Hitung besarnya curah hujan untuk periode ulang t tahun dengan rumus :

$$X_T = \bar{x} + \frac{Y_T - Y_n}{\sigma_n} Sd \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

$X_t$  = Besarnya curah hujan untuk t tahun (mm)

$Y_t$  = Besarnya curah hujan rata-rata untuk t tahun (mm)

$Y_n$  = *Reduce mean deviasi* berdasarkan sampel n

$\sigma_n$  = *Reduce standar deviasi* berdasarkan sampel n

- $n$  = Jumlah tahun yang ditinjau  
 $Sd$  = Standar deviasi (mm)  
 $\bar{x}$  = Curah hujan rata-rata (mm)  
 $Xi$  = Curah hujan maximum (mm)

Harga  $Y_n$  berdasarkan banyaknya sampel  $n$  dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Hubungan *reduce mean* ( $Y_n$ ) dengan banyaknya sampel ( $n$ )

n.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	,495	,449	,503	,507	,510	,512	,515	,518	,520	,522
20	,523	,525	,526	,528	,529	,530	,532	,533	,534	,535
30	,536	,537	,538	,538	,539	,540	,541	,541	,542	,543
40	,543	,544	,544	,545	,545	,546	,546	,547	,547	,548
50	,548	,549	,549	,549	,550	,550	,550	,551	,551	,551
60	,552	,552	,552	,553	,553	,553	,553	,554	,554	,554
70	,554	,555	,555	,555	,555	,555	,555	,556	,556	,556
80	,556	,557	,557	,557	,557	,558	,558	,558	,558	,558
90	,558	,558	,558	,559	,559	,559	,559	,559	,559	,559
100	,560									

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

Hubungan periode ulang untuk  $t$  tahun dengan curah hujan rata - rata dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Periode ulang untuk t tahun

Kala ulang (tahun)	Faktor reduksi (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

Harga *reduce standar deviasi* ( $\sigma$ ) dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Hubungan *reduce standar deviasi* ( $\sigma$ ) dengan banyaknya sampel (n)

n.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,94	0,96	0,98	0,99	1	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05
20	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1	1,1
30	1,11	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
50	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
60	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
70	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
80	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
90	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
100	1,2									

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

**d. Distribusi Log Person III**

Distribusi *Log Pearson* Tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi *Log Pearson* Tipe III merupakan hasil dari transformasi dari distribusi *Pearson* tipe III dengan mengganti varian menjadi nilai logaritma. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak  $n$  tahun diubah dalam bentuk logaritma. Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan *Log Pearson* Type III sebagai berikut (Soemarto, 1999).

1. Hitung rata-rata logaritma dengan rumus :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \dots\dots\dots (2.8)$$

2. Hitung simpangan baku dengan rumus :

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

3. Hitung Koefisien Kemencengan dengan rumus :

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots (2.10)$$

4. Hitung logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu :

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K \cdot Sd \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

$\text{Log } X$  = Rata-rata logaritma data

$n$  = Banyaknya tahun pengamatan

$Sd$  = Standar deviasi

$G$  = Koefisien kemencengan

$K$  = Variabel standar ( *standardized variable*) untuk  $X$  yang besarnya tergantung koefisien kemiringan  $G$  (Tabel 2.4)

Besarnya harga  $K$  berdasarkan nilai  $G$  dan tingkat probabilitasnya dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6. Distribusi Log Pearson Type III untuk Koefisien Kemencengan  $G$

Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef, $G$	Persentase 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	-0,696	-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	3,271
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
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	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

Lanjutan Tabel 2.6

Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef, G	Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	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	0,702	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)

#### 2.4.4 Curah hujan wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk mengetahui profil muka air sungai dan rancangan suatu drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam milimeter (mm).

Menentukan curah hujan rerata harian maksimum daerah dilakukan berdasarkan pengamatan beberapa stasiun pencatat hujan. Perhitungan curah hujan rata-rata maksimum ini dapat menggunakan beberapa metode, diantaranya menggunakan metode rata-rata aljabar, garis Isohiet, dan poligon Thiessen.

##### a. Cara rata-rata Aljabar

Cara ini menggunakan perhitungan rata-rata secara aljabar, tinggi curah hujan diambil dari harga rata-rata dari stasiun pengamatan di dalam daerah yang ditinjau.

Persamaan rata-rata aljabar:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

- $\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata rendah.
- n = Jumlah titik atau pos pengamatan.
- $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  = curah hujan ditiap titik pengamatan.

b. Cara garis Isohiet

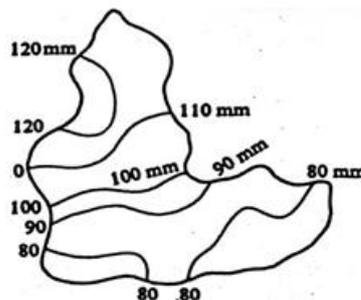
Peta isohiet digambarkan pada peta topografi dengan perbedaan (*interval*) 10 mm sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan didalam dan di sekitar daerah yang dimaksud. Luas daerah antara dua garis isohiet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis isohiet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian daerah itu dapat dihitung.

Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

- $\bar{R}$  = Curah hujan daerah
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah yang mewakili titik pengamatan
- $R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan setiap titik pengamatan.



Gambar 2.10 Garis Isohiet

c. Metode Poligon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau Koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya Koefisien Thiessen tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka Koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini dan diilustrasikan pada Gambar 2.10

Rumus yang digunakan :

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

- A = luas areal  
 R = tinggi curah hujan di pos 1,2,3, ...n  
 R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>,R<sub>3</sub>,... R<sub>n</sub> = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...n  
 A<sub>1</sub>,A<sub>2</sub>,A<sub>3</sub>,... A<sub>n</sub> = luas daerah di areal 1,2,3,...n

#### 2.4.5 Cara memilih metoda

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 ,2004:31):

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

Tabel 2.7 Cara Memilih Metoda Curah Hujan

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

(Sumber : Suripin, 2004)

#### 2.4.6 Daerah tangkapan hujan (*catchment area*)

*Catchment area* adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama.

Untuk menentukan daerah tangkapan hujan tergantung kepada kondisi lapangan suatu daerah dan situasi topografinya / elevasi permukaan tanah suatu wilayah disekitar saluran yang bersangkutan yang merupakan daerah tangkapan hujan dan mengalirkan air hujan kesaluran drainase. Untuk menentukan daerah tangkapan hujan (*Cathment area*) sekitar drainase dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau.

**2.4.7 Waktu konsentrasi**

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Waktu konsentrasi dibagi atas 2 bagian :

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

Sehingga waktu konsentrasi dapat dihitung dengan ( Suripin, 2004):

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan :

$$t_o = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$t_d = \frac{L}{60v} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

- S = Kemiringan saluran,
- L = panjang saluran (m),
- $L_o$  = jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m),
- V = kecepatan rata-rata didalam saluran (m/det) berdasarkan tabel 2.9
- nd = Koefisien hambatan berdasarkan tabel 2.8

Tabel 2.8 Kemiringan Saluran Memanjang (S) Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan Saluran (S) (%)
1	Tanah Asli	0 - 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Petunjuk desain drainase permukaan jalan No. 008/T/BNKT/1990, BINA MARGA)

Tabel 2.9 Koefisien Manning

Bahan	nd
Besi tulang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran Beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	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 : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

Tabel 2.10 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air Yang Diizinkan (m/detik)
Pasir Halus	0,45
Lempung Kepasiran	0,5
Lanau Alluvial	0,6
Kerikil Halus	0,75
Lempung Kokoh	0,75
Lempung Padat	1,1
Kerikil Kasar	1,3
Batu-Batu Besar	1,5
Pasangan Batu	1,5
Beton	1,5
Beton Bertulang	1,5

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

### 2.4.8 Analisa intensitas hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jamjaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.18)$$

di mana:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- t = lamanya hujan (jam)
- R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)(mm).

### 2.4.9 Debit air hujan / limpasan

Debit air hujan / limpasan adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus dialirkan melalui saluran drainase. Debit air limpasan terdiri dari tiga komponen yaitu koefisien *run off* (C), data intensitas curah hujan (I), dan *catchment area* (Aca).

Koefisien yang digunakan untuk menunjukkan berapa banyak bagian dari air hujan yang harus dialirkan melalui saluran drainase karena tidak mengalami penyerapan ke dalam tanah (infiltrasi). Koefisien ini berkisar antara 0-1 yang disesuaikan dengan kepadatan penduduk di daerah tersebut. Semakin padat penduduknya maka koefisien *run-offnya* akan semakin besar sehingga debit air yang harus dialirkan oleh saluran drainase tersebut akan semakin besar pula.

Rumus debit air hujan / limpasan:

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

Q = Debit aliran air limpasan (m<sup>3</sup>/detik)

C = Koefisien *run off* (berdasarkan standar baku)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

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

0,278 = Konstanta

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. Tabel 2.11 berikut merupakan kala ulang yang dipakai berdasarkan luas daerah pengaliran saluran dan jenis kota yang akan direncanakan system drainasenya.

Tabel 2.11 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
Kotak Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 - 5 Th

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*) 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.

Tabel 2.12 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, paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	
datar 2 %	0,05 – 0,10
rata-rata, 2- 7 %	0,10 – 0,15
curam, 7 %	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat	
datar 2 %	0,13 – 0,17
rata-rata, 2- 7 %	0,18 – 0,22
curam, 7 %	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
Hutan	
datar, 0 – 5 %	0,10 – 0,40
bergelombang, 5 – 10 %	0,25 – 0,50
berbukit, 10 – 30 %	0,30 – 0,60

(Sumber : Suripin ,2004)

#### 2.4.10 Air limbah domestik (Rumah tangga)

Air limbah rumah tangga atau adalah sisa air yang tidak diperlukan lagi yang berasal dari rumah tangga, mengandung bahan atau zat membahayakan. Sesuai dengan zat yang terkandung di dalam air limbah, maka limbah yang tidak diolah terlebih dahulu akan menyebabkan gangguan kesehatan dan lingkungan hidup antara lain limbah sebagai media penyebaran berbagai penyakit.

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga, yang lebih dikenal sebagai sampah), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia organik dan anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah.

Sumber air limbah dari kegiatan rumah tangga seperti dari urine, kegiatan mandi, mencuci peralatan rumah tangga, mencuci pakaian serta kegiatan dapur lainnya. Idealnya sebelum air limbah dibuang ke saluran air harus diolah terlebih dahulu dalam tangki peresapan. Prinsip dasarnya adalah bahwa air limbah yang dilepas ke lingkungan sudah tidak berbahaya lagi bagi kesehatan lingkungan. Air Limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat berdampak sangat luas, misalnya dapat meracuni air minum, meracuni makanan hewan, menjadi penyebab ketidakseimbangan ekosistem sungai dan sebagainya.

Pada umumnya air limbah dapat menimbulkan dampak, yaitu dampak terhadap kehidupan biota air, dampak terhadap kualitas air tanah, dampak terhadap kesehatan, dampak terhadap estetika lingkungan. Pada wilayah perkotaan mudah terlihat adanya sarana air limbah yang dialirkan melalui saluran-saluran, dimana air limbah dari rumah tangga tersebut segera dialirkan ke saluran-saluran yang ada di sekitar wilayah permukiman sampai ke badan air anak sungai dan sungai terdekat. Selain dialirkan ke saluran-saluran yang ada, terdapat satu pendekatan dalam usaha pengolahan air limbah rumah tangga adalah dengan menggunakan Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) Komunal.

Untuk menentukan jumlah air limbah dapat dilakukan dengan mengacu pada besaran *People Equivalent* (PE) yaitu untuk rumah biasa perkiraan jumlah air limbah adalah 120 liter/orang.hari.

### 2.4.11 Proyeksi penduduk

Proyeksi penduduk merupakan perhitungan ilmiah jumlah penduduk yang didasarkan pada asumsi dari komponen-komponen laju pertumbuhan penduduk, yaitu kelahiran, kematian dan perpindahan (migrasi). Ketiga komponen inilah yang menentukan besarnya jumlah penduduk dan struktur umur penduduk di masa yang akan datang. Untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk dapat menggunakan metode-metode di bawah ini :

#### 1. Metode Aritmatika

$$P_n = P_0 + n r \dots \dots \dots (2.20)$$

$$r = \frac{P_0 - P_t}{t} \dots \dots \dots (2.21)$$

Keterangan :

$P_n$  = Jumlah Penduduk tahun ke - n (jiwa)

$P_0$  = Jumlah penduduk pada awal tahun proyeksi (jiwa)

$P_t$  = jumlah penduduk akhir tahun proyeksi (jiwa)

$n$  = periode waktu yang ditinjau (tahun)

$r$  = angka pertumbuhan penduduk / tahun (%)

$t$  = banyaknya tahun sebelum analisis (tahun)

#### 2. Metode Geometrik

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots \dots \dots (2.22)$$

Keterangan :

$P_n$  = Jumlah Penduduk tahun ke - n (jiwa)

$P_0$  = Jumlah penduduk pada awal tahun proyeksi (jiwa)

$r$  = Presentase pertumbuhan geometrical penduduk tiap tahun (%)

$n$  = periode waktu yang ditinjau (tahun)

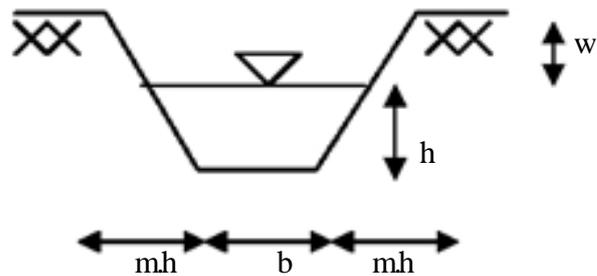
## 2.5 Analisa Hidrolika

Banyaknya debit air hujan yang ada dalam suatu kawasan harus segera di alirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkannya diperlukan saluran yang dapat menampung dan mengalirkan air tersebut ke tempat penampungan. Sehingga penentuan kapasitas tampung harus berdasarkan atas besarnya debit air hujan.

### 2.5.1 Penampang melintang saluran

Penampang melintang saluran perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang efisien berarti dengan memperhatikan ketersediaan lahan yang ada. Hal ini perlu diperhatikan karena pada daerah pemukiman padat lahan yang dapat dipergunakan sangat terbatas. Penampang saluran yang ideal sangat dipengaruhi oleh faktor bentuk penampang. Dengan  $Q$  banjir rencana yang ada, kapasitas penampang akan tetap walaupun bentuk penampang diubah-ubah, sehingga perlu diperhatikan bentuk penampang saluran yang stabil. Bentuk penampang saluran berdasarkan kapasitas saluran yaitu :

#### a. Penampang tunggal trapesium



Gambar 2.11 Saluran bentuk trapesium (SNI 03-3424-1990).

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.23)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} \times I^{1/2} \text{ m/dtk} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$A = H ( B + mH ) \dots\dots\dots(2.26)$$

$$P = B + 2H \sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan :

- Q = Debit aliran ( $m^3/dt$ )  
 V = Kecepatan aliran ( $m/dt$ )  
 m = Kemiringan penampang  
 n = Koefisien kekasaran manning  
 P = Keliling penampang basah (m)  
 A = Luas penampang basah ( $m^2$ )  
 R = Jari-jari hidrolis (m)  
 I = Kemiringan saluran

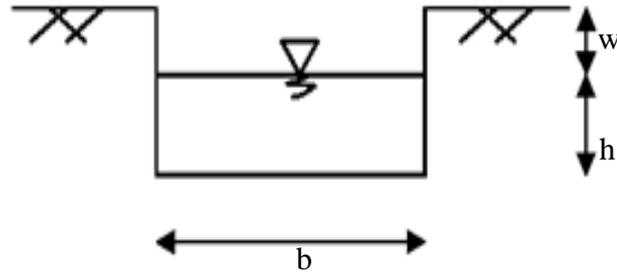
Menurut Suripin (2004:189) dalam bukunya yang berjudul Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, menyarankan kemiringan dinding saluran berdasarkan tanah seperti tabel 2.14 Di bawah ini :

Tabel 2.14 Kemiringan Dinding Saluran Berdasarkan Tipe Tanah

No	Tipe Tanah	Nilai m	
		Kedalaman Saluran Sampai 1,2 m	Kedalaman Saluran > 1,2 m
1	Turf	0	
2	Lempung keras	0,5	1
3	Geluh kelepungan dan geluh keliatan	1	1,5
4	Geluh kepasiran	1,5	2
5	Pasir	2	3

(Sumber : Suripin ,2004)

## b. Penampang tunggal segi empat



Gambar 2.12 Saluran bentuk empat persegi panjang (SNI 03-3424-1990).

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.28)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$V = \left( \frac{1}{n} \right) \times R^{2/3} \times I^{1/2} \text{ m/dtk} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$A = B \times H \dots\dots\dots(2.31)$$

$$P = 2H + B \dots\dots\dots(2.32)$$

Keterangan :

Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

m = Kemiringan penampang

n = Koefisien kekasaran manning

P = Keliling penampang basah (m)

A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

### 2.5.2 Dinding penahan tanah

Dinding penahan tanah / turap adalah suatu konstruksi yang bertujuan untuk menahan tanah agar tidak longsor dan meninggikan lereng alam suatu tanah. Di lapangan dinding penahan tanah dapat ditemui pada saluran air di samping jalan, pada pinggir sungai agar tebing sungai tidak longsor, pada bendungan dan saluran irigasi dan dinding penahan bukit agar tidak longsor.

Bahan konstruksi untuk dinding penahan yaitu:

1. Dari kayu
2. Dari beton
3. Dari pasangan batu
4. Dari baja

Bentuk bentuk dinding penahan tanah:

1. Profil persegi
2. Profil jajaran genjang
3. Profil trapesium siku
4. Profil trapesium
5. Profil segitiga

Untuk merencanakan sebuah dinding penahan tana perlu diperhatikan syarat kestabilitan dinding:

1. dinding tidak terjungkal
2. dinding tidak tergeser
3. dinding tidak amblas
4. dinding tidak pecah

Dinding penahan tanah merupakan komponen struktur bangunan penting utama untuk jalan raya dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan tanah berkontur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda. Secara singkat dinding penahan merupakan dinding yang dibangun untuk menahan massa tanah di atas struktur atau bangunan yang dibuat. Bangunan dinding penahan umumnya terbuat dari bahan kayu, pasangan batu, beton hingga baja. Bahkan kini sering dipakai produk bahan sintetis mirip kain tebal sebagai dinding penahan tanah.

## 1. Klasifikasi dinding penahan

Berdasarkan bentuk dan penahanan terhadap tanah, dinding penahan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga bentuk, yakni: (1) dinding gravitasi, (2) dinding semi gravitasi dan (3) dinding non gravitasi. Dinding gravitasi merupakan dinding penahan tanah yang mengandalkan berat bahan sebagai penahan tanah umumnya berupa pasangan batu atau bronjong batu (gabion).

Dinding semi gravitasi selain mengandalkan berat sendiri, memanfaatkan berat tanah tertahan untuk kestabilan struktur. Sedangkan dinding non gravitasi mengandalkan konstruksi dan kekuatan bahan untuk kestabilan.

## 2. Tekanan tanah lateral

Untuk dapat memperkirakan dan menghitung kestabilan dinding penahan, diperlukan menghitung tekanan ke arah samping (lateral). Karena massa tanah berupa butiran, maka saat menerima tegangan normal ( $\sigma_n$ ) baik akibat beban yang diterima tanah maupun akibat berat kolom tanah di atas kedalaman atau duga tanah yang kita tinjau, akan menyebabkan tekanan tanah ke arah tegak lurus atau ke arah samping. Tegangan inilah yang disebut sebagai tegangan tanah lateral (*lateral earth pressure*). Tegangan tanah akibat kolom tanah tersebut merupakan besaran tegangan efektif ( $\sigma_{eff}$ ) yang sebanding dengan  $\gamma_{eff} \times H$ . Pengetahuan tentang tegangan lateral ini diperlukan untuk pendekatan perancangan kestabilan. Tekanan tanah lateral dibedakan menjadi tekanan tanah lateral aktif dan tekanan lateral pasif. Tekanan lateral aktif adalah tekanan lateral yang ditimbulkan tanah secara aktif pada struktur yang kita selenggarakan. Sedangkan tekanan lateral pasif merupakan tekanan yang timbul pada tanah saat menerima beban struktur yang kita salurkan pada secara lateral. Besarnya tekanan tanah sangat dipengaruhi oleh fisik tanah, sudut geser, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur dinding penahan.

### **3. Kestabilan dinding penahan tanah**

Besaran tekanan lateral ini menjadi salah satu faktor utama yang diperhitungkan untuk perancangan kestabilan dinding penahan tanah. Tekanan lateral tersebut dapat menyebabkan dinding penahan terguling (*overturning*) atau bergeser (*slidding*). Selain besaran tekanan lateral kestabilan dinding penahan dipengaruhi pula oleh bentuk struktur dan faktor pelaksanaan konstruksi. Buruknya pemadatan tanah tertahan di belakang dinding penahan merupakan penyebab keruntuhan *undermining*.

### **4. Kestabilan geser dinding penahan**

Untuk memberikan kekuatan yang cukup melawan geseran horisontal, dasar dinding penahan harus memiliki kedalaman minimum 3 ft (1m) di bawah muka tanah. Untuk dinding permanen, kekuatan tersebut harus stabil tanpa adanya struktur penahan pasif di bagian kaki dinding. Jika syarat kekuatan diatas tak mencukupi, dapat ditambahkan pengunci geser di bawah telapak pondasi atau tiang pancang untuk menahan geseran. Selain persyaratan kekuatan tersebut, harus dipertimbangkan pula adanya kemungkinan bahaya erosi akibat aliran maupun pengaruh hujan.

### **5. Longsoran**

Longsoran adalah perpindahan massa tanah atau batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula, gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsoran. Berdasarkan pergerakan massa runtuhnya, longsor dapat dikelompokkan menjadi beberapa, yaitu: Runtuhan (*falling*); merupakan jatuhnya bongkahan batu atau material yang terlepas dari lereng yang terjal; Gelinciran (*sliding*); merupakan pergerakan massa ke arah bawah dan keluar yang disebabkan oleh tegangan geser yang bekerja pada permukaan runtuh melebihi tahanan geser yang dimiliki oleh material pada permukaan runtuh; Gulingan (*toppling*); merupakan tergulingnya beberapa blok – blok batuan yang diakibatkan oleh momen guling yang bekerja pada blok – blok batuan tersebut; Aliran (*flowing*); merupakan material yang bergerak ke arah bawah lereng seperti suatu cairan.

### 2.5.3 Stabilitas dinding penahan tanah

#### 1. Stabilitas dinding penahan terhadap penggulingan

Besaran tekanan lateral ini menjadi salah satu faktor utama yang diperhitungkan untuk perancangan kestabilan dinding penahan tanah. Tekanan lateral tersebut dapat menyebabkan dinding penahan terguling (*overturning*) atau bergeser (*slidding*). Selain besaran tekanan lateral kestabilan dinding penahan dipengaruhi pula oleh bentuk struktur dan faktor pelaksanaan konstruksi. Buruknya pemadatan tanah tertahan di belakang dinding penahan merupakan penyebab keruntuhan undermining. Kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan persamaan berikut :

$$FS_{\text{guling}} = \frac{\Sigma M}{\Sigma M_H} \quad \dots\dots\dots ( 2.33 )$$

$$FS \geq 2$$

#### 2. Stabilitas dinding penahan terhadap penggeseran

Untuk memberikan kekuatan yang cukup melawan geseran horisontal, dasar dinding penahan harus memiliki kedalaman minimum 3 ft (1m) di bawah muka tanah. Untuk dinding permanen, kekuatan tersebut harus stabil tanpa adanya struktur penahan pasif di bagian kaki dinding. Jika syarat kekuatan diatas tak mencukupi, dapat ditambahkan pengunci geser di bawah telapak pondasi atau tiang pancang untuk menahan geseran. Selain persyaratan kekuatan tersebut, harus dipertimbangkan pula adanya kemungkinan bahaya erosi akibat aliran maupun pengaruh hujan. Gaya perlawanan yang terjadi berupa lekatan antara tanah dasar pondasi dengan alas pondasi dinding penahan tanah. Untuk jenis tanah campuran (lempung pasir) maka besarnya,

$$FS_{\text{geser}} = \frac{V \cdot f \cdot \frac{2}{3} \cdot Cb + E_p}{E_a} \quad \dots\dots\dots ( 2.34 )$$

$$FS \geq 2$$

## 2.5.4 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

### a. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang

Metode Mayerhof (1956) yang digunakan untuk menghitung besarnya daya dukung pondasi tiang berdasarkan data SPT adalah :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_b + Q_s \\ &= 4 \cdot N \cdot A_b + \frac{\bar{N} \cdot A_s}{50} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots ( 2.35 )$$

Dimana,

$Q_{ult}$  = daya dukung pondasi tiang (ton)

$N$  = nilai SPT pada ujung tiang

$A_b$  = luas penampang ujung tiang ( $m^2$ )

$\bar{N}$  = rata-rata nilai SPT sepanjang tiang

$A_s$  = luas kulit/selimut tiang ( $m^2$ )

### b. Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi Tiang

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung besarnya daya dukung ijin pondasi tiang adalah :

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{F} \quad \dots\dots\dots ( 2.36 )$$

Dimana,

$Q_{ijin}$  = daya dukung ijin pondasi tiang (ton)

$Q_{ult}$  = daya dukung batas pondasi tiang (ton)

$F$  = faktor keamanan akibat bahaya kelongsoran daya dukung  
( $F = 2,5 - 3$ )

## 2.5.5 Kontrol Gaya yang Dipikul Terhadap Gaya Ijin Tiang

Untuk kontrol gaya yang dipikul tiap tiang terhadap daya dukung ijin tiang harus memenuhi syarat sebagai berikut :

*Gaya yang dipikul tiap tiang < Daya Dukung Ijin Tiang*

Gaya yang dipikul tiap tiang adalah total beban mati dan beban bergerak.

Pembebanan :

- Akibat beban mati
- Akibat beban hidup
- 

Kombinasi pembebanan (SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.2.2 hal 13)

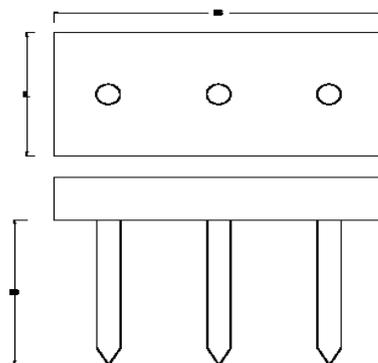
$$\text{Total beban} = DD + DL$$

Apabila diasumsikan tiap tiang memikul beban yang sama, sehingga total beban dapat dibagi dengan jumlah tiang.

$$\text{Beban yang dipikul per tiang} = \frac{\text{Total Beban}}{\text{Jumlah Tiang Pancang}} \quad \dots\dots\dots (2.37)$$

### 2.5.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Pondasi tiang pancang kelompok yaitu sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu di bagian atasnya dengan menggunakan *pile cap*. Untuk menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang dan susunan tiang. Kelompok tiang dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.13 Kelompok Tiang

a. Jumlah Tiang (n)

Untuk menentukan jumlah tiang yang akan dipasang didasarkan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, maka rumus yang dipakai adalah sebagai berikut ini :

$$n = \frac{P}{Q_{ijin}} \quad \dots\dots\dots ( 2.38)$$

Dimana :

P = Beban yang bekerja

Q<sub>ijin</sub> = Kapasitas Dukung Ijin Tiang Tunggal

b. Jarak Tiang (S)

Jarak antar tiang didalam pondasi kelompok tiang sangat mempengaruhi perhitungan daya dukungnya. Untuk beban yang bekerja sebagai kelompok tiang, jarak antar tiang s biasanya mengikuti dengan peraturan-peraturan bangunan setempat. Sebagai contoh, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, membuat aturan jarak antar tiang,  $s = (2,5 - 3,0 B)$ ; s minimum = 0,60 meter dan s maksimum = 2,0 meter, dimana B = diameter tiang dalam meter.

b. Susunan Tiang

Susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah pile cap, yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang. Bila jarak tiang kurang teratur atau terlalu lebar, maka luas denah pile cap akan bertambah besar dan berakibat volume beton menjadi bertambah besar sehingga biaya konstruksi membengkak. Berikut ini adalah susunan tiang ( *Joseph E.Bowles, 1988* ) :

### 2.5.7 Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini dapat terjadi jika tiang pancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah yang tidak mudah mampat, namun dibawahnya terdapat lapisan lunak.

Untuk menentukan daya dukung tiang maka harus dihitung dulu faktor efisiensi dari tiang tersebut dalam kelompok, karena daya dukung sebuah tiang berdiri sendiri tidak sama besar dengan tiang yang berada di dalam suatu kelompok. Persamaan-persamaan efisiensi tiang yang disarankan menggunakan *metode Converse-Labare Formula* :

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn} \quad \dots\dots\dots( 2.39 )$$

Dimana :

$\theta = \arcsin \left( \frac{b}{s} \right)$  dalam derajat

$n$  = jumlah tiang dalam deretan kolom

$m$  = jumlah tiang dalam deretan baris

$s$  = jarak antar tiang (as ke as)

$b$  = diameter

$Eg$  = Efisiensi kelompok tiang

$$\text{Daya Dukung Ijin Tiang Tunggal} = \frac{\text{Beban}}{FK} \quad \dots\dots\dots ( 2.40 )$$

Dimana :

FK = Faktor Keamanan

Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok

$$Qa = Eg \times n \times Q_{ijin \text{ individual}} \quad \dots\dots\dots ( 2.41 )$$

=  $Eg \times \text{jumlah tiang} \times \text{daya dukung ijin tiang tunggal}$

Tabel 2.15 Beban Ijin Pondasi Tiang

Jenis Tiang	Beban Ijin (ton)
Kayu	15 – 30
Komposit	20 – 30
Beton cor di tempat	30 – 50
Beton pre-cast	30 – 50
Pipa baja diisi beton	40 – 60
Baja profil H, I	30 - 60

( Sumber : *Analisa dan Desain Pondasi, J.E Bowles Hal 354* )

Tabel 2.16 Panjang Pondasi Tiang

Jenis Tiang	Panjang maksimum (m)
Kayu	15 – 18
Komposit	45
Beton cor di tempat	15 – 30
Beton pre-cast	15 – 18
Pipa baja diisi beton	Tak terbatas
Baja profil H, I	Tak terbatas

( Sumber : *Analisa dan Desain Pondasi, J.E Bowles Hal 354* )

## **2.6 Pengelolaan Proyek**

Menurut H.Kurzner (1982), pengelolaan proyek atau manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisasikan, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk sasaran yang telah ditentukan.

### **2.6.1 Dokumen tender**

Dokumen tender adalah suatu dokumen yang dibuat oleh konsultan perencana atas permintaan klien. Dokumen tender akan memberikan penjelasan kepada peserta lelang, karena terdiri dari sistem tender yaitu suatu cara yang dilakukan pemilik proyek untuk menjual pelaksanaan proyek tersebut agar dapat dilakukan dengan harga yang serendah-rendahnya dan wajar dengan waktu sesingkat-singkatnya melalui sistem kompetisi. Adapun proyek tersebut dilaksanakan dengan sistem kontrak. Syarat-syarat atau ketentuan-ketentuan yang akan memberikan informasi dengan jelas. Oleh karena itu, setiap kontraktor yang mengikuti pelelangan harus memiliki dokumen proyek tersebut, karena hal ini akan mempengaruhi harga penawaran.

Dokumen proyek ini juga penting bagi semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan suatu proyek. Dokumen tender ini terdiri dari gambar kerja atau hal-hal lain yang harus diikuti dan dikerjakan dalam RKS. Adapun dokumen proyek ini, yaitu:

#### **a) Rencana Kerja dan Syarat (RKS)**

Rencana kerja dan syarat-syarat administrasi berupa instruksi kepada penyedia jasa dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Instruksi ini berisi tentang informasi yang diperlukan oleh pelaksana-pelaksana kontraktor untuk menyiapkan penawarannya sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh pengguna jasa. Informasi tersebut berkaitan dengan penyusunan, penyampaian, pembukaan, evaluasi penawaran dan penunjukan penyedia jasa.
- 2) Hal-hal berkaitan dengan pelaksanaan kontrak oleh penyedia jasa, termasuk hak, kewajiban, dan resiko dimuat dalam syarat-syarat umum kontrak. Apabila terjadi perbedaan penafsiran / pengaturan pada dokumen

lelang, penyedia jasa harus mempelajari dengan seksama untuk menghindari pertentangan pengertian.

- 3) Data proyek memuat ketentuan, informasi tambahan, atau perubahan atas instruksi kepada pelaksana – kontraktor sesuai dengan kebutuhan paket pekerjaan yang akan dikerjakan.

RKS sebagai kelengkapan gambar kerja yang didalamnya memuat uraian tentang:

- a. Syarat-syarat umum
 

Berisi keterangan mengenai pekerjaan, pemberi tugas dan pengawas bangunan.
- b. Syarat-syarat administrasi
  - Jangka waktu pelaksanaan
  - Tanggal penyerahan pekerjaan
  - Syarat-syarat pembayaran
  - Denda keterlambatan
  - Besarnya jaminan penawaran
  - Besarnya jaminan pelaksanaan
- c. Syarat-syarat teknis
  - Syarat dan jenis uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
  - Jenis dan mutu bahan yang digunakan

#### b) Gambar Kerja

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

#### c) Rencana Anggaran Biaya (*Bill of Quantity*)

Anggaran biaya merupakan salah satu unsur fungsi perencanaan proyek konstruksi. Penyusunan anggaran merupakan perencanaan secara detail

perkiraan biaya bagian atau keseluruhan kegiatan proyek, yang selanjutnya digunakan untuk menerapkan fungsi pengawasan dan pengendalian biaya dan waktu pelaksanaan. Anggaran biaya proyek dapat didefinisikan sebagai perencanaan biaya yang akan dikeluarkan sehubungan adanya suatu proyek dengan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) tertentu, yang dihitung oleh *cost estimator* dan disetujui oleh pemberi tugas (pemilik).

Pada tahap perencanaan selain gambar rencana dan spesifikasi, konsultan perencana juga menghitung rencana anggaran biaya bangunan demikian juga kontraktor akan membuat rencana anggaran biaya (RAB) konstruksi untuk penawaran.

### 2.6.2 Uraian rencana kerja (*Network Planning*)

Uraian rencana kerja terbagi menjadi dua bagian, yaitu :

#### a. Sejarah *Network Planning*

*Network Planning* adalah sebuah cara atau teknik yang sangat membantu dalam sebuah perencanaan, penjadwalan, dan pengawasan sebuah pekerjaan proyek yang terdiri dari beberapa pekerjaan yang saling berhubungan. Semenjak tahun 1950, *network planning* ini telah mulai dikembangkan di Amerika Serikat (US).

Ketika itu ada dua metode yang dikenal dalam *network planning*, yaitu:

1. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)
2. *Critical Path Method* (CPM)

Pengelolaan sebuah proyek mencakup banyak manajemen dan koordinasi berbagai macam bentuk kegiatan. Ketika beberapa tugas yang harus diselesaikan sudah berada diatas meja kerja, maka hal ini menjadi suatu tantangan untuk menjaga semua aspek proyek agar semuanya tetap berjalan dengan lancar. Dalam sebuah pelaksanaan proyek konstruksi ataupun lainnya, haruslah direncanakan dengan matang sebuah rancangan kegiatan kerja.

Proyek, secara sederhana adalah sebagai suatu urutan peristiwa yang dirancang dengan baik dengan suatu permulaan dan suatu akhir yang diarahkan untuk mencapai tujuan yang jelas dan dipimpin oleh orang, dengan beberapa parameter seperti waktu, biaya dan kualitas.

*Network* adalah sebuah jaringan kerja yang dimaksudkan pada sebuah proyek kerja konstruksi. Untuk memudahkan pelaksanaan sebuah proyek konstruksi, maka diperlukan adanya sebuah perencanaan yang baik agar seluruh kegiatan dapat berjalan dengan lancar. Perencanaan jaringan kerja pada sebuah proyek lebih dikenal dengan istilah *network planning* (NWP). Sebuah *network planning* adalah gambaran kejadian-kejadian kegiatan yang diharapkan akan terjadi dan dibuat secara kronologis serta dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya. Hal ini juga merupakan teknik dalam perencanaan kegiatan atau proyek yang dapat menjawab pertanyaan bagaimana mengelola suatu proyek dan dasar yang kokoh bagi seseorang pimpinan proyek untuk menentukan kebijakan di dalam suatu proyek konstruksi agar dapat berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan. *Network planning* merupakan alat bagi seseorang pimpinan proyek untuk dapat melaksanakan penjadwalan dan pengendalian yang cermat dalam pelaksanaan suatu kegiatan proyek konstruksi.

b. Langkah-langkah dalam Menyusun Network Planning

Menurut Sofwan Badri (1997 : 13) dalam bukunya “Dasar-Dasar *Network Planning*” adalah sebagai berikut :

“*Network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan / divisualisasikan dalam diagram *network*”. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan tenaga dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

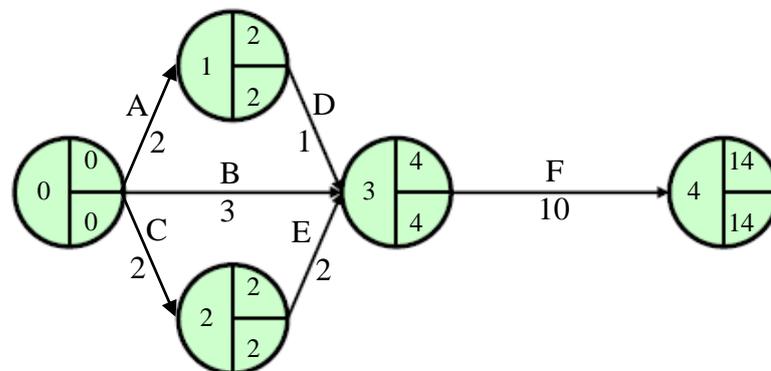
Langkah-langkah yang harus diambil dalam melakukan perencanaan dengan *network* adalah sbb:

- Menentukan batasan-batasan dari pekerjaannya. Tentukan kapan dapat dimulai dan kapan harus diakhiri.
- Memecah (*break down*) pekerjaan itu menjadi kegiatan-kegiatan. Untuk ini perencana harus bekerjasama dengan pelaksana. Secara lengkap semua

kegiatan yang akan dilaksanakan harus dicatat, apabila ada kegiatan yang terlupakan akibatnya sangat fatal. Oleh karena itu dalam tahapan ini perlu mendapatkan perhatian dan usaha yang intensif, dan juga pemecahan pekerjaan kedalam kegiatan-kegiatan itu harus menghasilkan kegiatan-kegiatan yang setingkat, dalam istilah *network*. Misalnya kegiatan memaku tidak setingkat dengan kegiatan pengurugan tanah, dan sebagainya.

- Tentukan urutan-urutan dari kegiatan diatas, urutan-urutan ini disebut *precedence relationship*, dalam menentukan urutan-urutan ini kita harus berpihak pada pengetahuan logika, (kita tidak bisa memasang atap kalau penunjangnya belum terpasang).
- Kegiatan mana yang harus mendahului kegiatan yang lain.
- Kegiatan mana yang harus mengikuti kegiatan yang lain.
- Kegiatan mana yang harus dilaksanakan secara serentak.
- Berdasarkan dari informasi mengenai hubungan (*relationship*) antara setiap kegiatan dalam pekerjaan dibuatkan diagram jaringannya, dalam hal ini harus dingat bahwa suatu pekerjaan dimulai pada suatu *event* (saat mulai atau *start event*) dan berakhir pada suatu *event* lain (saat selesai atau *finish event*). Hubungan ini bisa digambarkan sebagai berikut:

Misalnya, kegiatan D baru bisa dimulai setelah kegiatan A, B dan C selesai.



Gambar 2.14 *Network Planning*

### 2.6.3 Barchart

Barchart merupakan bagan yang membuat suatu daftar kegiatan-kegiatan yang akan dilaksanakan, disusun secara berbaris ke bawah dimana masing-masing kegiatan memiliki waktu pelaksanaan yang diperlukan (durasi) yang ditunjukkan dalam bentuk garis berskala waktu (umumnya garis dipertebal sehingga menyerupai balok). Panjang setiap baris / balok menunjukkan lamanya waktu yang diperlukan untuk masing-masing kegiatan serta saat untuk memulai dan mengakhiri kegiatan tersebut. Sedangkan satuan waktu dapat berupa hari, minggu, bulan atau interval waktu tertentu.

Selanjutnya pengendalian waktu pelaksanaan dilaksanakan dengan menghitung prestasi kegiatan yang dicapai atau yang telah dilaksanakan dalam waktu tertentu / actual. Untuk selanjutnya dibandingkan dengan rencana waktu yang ditunjukkan dalam bagan Barchart. Untuk menghitung persentase kegiatan yang telah dicapai atau yang telah dilaksanakan dapat dilakukan melalui pendekatan volume atau melalui bobot terhadap biaya dari masing-masing jenis pekerjaan. Dalam hal perhitungan melalui melalui bobot masing-masing jenis kegiatan maka Barchart dapat dilengkapi dengan suatu kurva yang dikenal dengan kurva "S", yang merupakan fungsi waktu dan persentase bobot pekerjaan.

Untuk memperhitungkan persentase bobot masing-masing jenis kegiatan haruslah diketahui baik biaya masing-masing jenis kegiatan maupun jumlah biaya keseluruhan pekerjaan. (*Sumber : Rencana dan Estimate Real Of Cost (Bachtiar Ibrahim, 2003)*)

**BAR CHART PEKERJAAN PONDASI**

NO	PEKERJAAN	HARGA PEKERJAAN	DURASI	BOBOT (%)	HARI						KET.
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100.000	6	9,09	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	
2	Galian Tanah	Rp 150.000	2	13,64		6,82	6,82				
3	Lantai Kerja	Rp 200.000	2	18,18		9,09	9,09				
4	Urugan Pasir	Rp 150.000	1	13,64			13,64				
5	Pasangan Batu Kali	Rp 400.000	3	36,36			12,12	12,12	12,12		
6	Urugan Kembali	Rp 100.000	1	9,09					9,09		
Jumlah		Rp 1.100.000		100,00	1,52	17,42	43,18	13,64	22,73	1,52	
Jumlah Kumulatif					1,52	18,94	62,12	75,76	98,48	100,00	

Gambar 2.15 Barchart

### 2.6.4 Kurva S

Kurva S yang merupakan salah satu metode perencanaan pengendalian biaya yang sangat lazim digunakan pada suatu proyek. Kurva S merupakan gambaran diagram persen kumulatif biaya yang di plot pada suatu sumbu koordinat dimana sumbu absis (X) menyatakan waktu sepanjang masa proyek dan sumbu Y menyatakan nilai percent kumulatif biaya selama masa proyek tersebut. Pada diagram kurva S, dapat diketahui pengeluaran biaya yang dikeluarkan per satuan waktu, pengeluaran biaya kumulatif per satuan waktu dan progress pekerjaan yang didasarkan pada volume yang dihasilkan dilapangan. Tujuan penggunaan kurva S adalah:

1. Bagi kontraktor, sebagai dasar untuk membuat tagihan pembayaran kepemilik proyek.
2. Bagi pemilik proyek, sebagai dasar memantau kemajuan pekerjaan fisik di lapangan yang selanjutnya sebagai dasar pembayaran ke kontraktor.

Untuk menggambarkan kurva S dapat diasumsikan biaya setiap item terdistribusi secara merata selama durasinya. Kondisi ini tidak selamanya benar, karena dimungkinkan suatu item pekerjaan dengan biaya pembelian material yang benar (menyerap lebih dari 50% dari total harga pekerjaan tersebut) akan diserap diawal pekerjaan tersebut dan sisa durasi dilakukan untuk biaya pemasangannya. Namun hal ini tidak sepenuhnya dapat dijadikan dasar untuk pembuatan tagihan kontraktor dikarenakan proses fisik pengerjaannya belum terlaksana. Cara membuat kurva S rencana adalah sebagai berikut:

1. Membuat *barchart* ( yang benar adalah membuat CPM dulu kemudian dibuat *barchart*).
2. Melakukan pembobotan pada setiap item pekerjaan.
3. Bobot item pekerjaan itu dihitung berdasarkan biaya item pekerjaan dibagi biaya total pekerjaan dikalikan 100.
4. Setelah bobot masing-masing item dihitung pada masing-masing didistribusikan bobot pekerjaan selama durasi masing-masing aktifitas.
5. Setelah itu jumlah bobot dari aktifitas tiap periode waktu tertentu, dijumlah secara kumulatif.

6. Angka kumulatif pada setiap periode ini di plot pada sumbu Y (ordinat) dalam grafik waktu pada absis.
7. Dengan menghubungkan semua titik-titik didapat kurva S.

Cara membuat kurva S aktual adalah kurva S aktual di plot pada kurva S rencana, dengan cara pembuatan yang sama seperti pembuatan kurva S rencana.

Perbedaan adalah dalam perhitungan biaya pekerjaan per satuan waktu dihitung berdasarkan volume fisik yang dihasilkan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan tersebut (volume yang dihasilkan diadarkan dari opname pekerjaan yang dilakukan oleh owner / pemilik atau yang mewakilkan hasil opname ini didokumentasikan dalam bentuk format-format laporan yang sah dan dapat dipertanggung jawabkan.

#### KURVA S PEKERJAAN PONDASI

NO	PEKERJAAN	HARGA PEKERJAAN	DURASI	BOBOT (%)	HARI						GRAFIK
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100.000	6	9,09	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	100
2	Galian Tanah	Rp 150.000	2	13,64		6,82	6,82				80
3	Lantai Kerja	Rp 200.000	2	18,18		9,09	9,09				60
4	Urugan Pasir	Rp 150.000	1	13,64			13,64				40
5	Pasangan Batu Kali	Rp 400.000	3	36,36			12,12	12,12	12,12		20
6	Urugan Kembali	Rp 100.000	1	9,09					9,09		0
<b>Jumlah</b>		<b>Rp 1.100.000</b>		<b>100,00</b>	<b>1,52</b>	<b>17,42</b>	<b>43,18</b>	<b>13,64</b>	<b>22,73</b>	<b>1,52</b>	
<b>Jumlah Kumulatif</b>					<b>1,52</b>	<b>18,94</b>	<b>62,12</b>	<b>75,76</b>	<b>98,48</b>	<b>100</b>	

Gambar 2.16 Kurva S