

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolam Retensi

2.1.1 Pengertian kolam retensi

Kolam retensi adalah kolam yang berfungsi untuk menampung air hujan sementara waktu dengan memberikan kesempatan untuk dapat meresap kedalam tanah yang operasionalnya dapat dikombinasikan dengan pompa atau pintu air. Kolam retensi dibagi menjadi 2 macam tergantung dari bahan pelapis dinding dan dasar kolam, yaitu kolam alami dan kolam buatan.

Kolam alami adalah kolam retensi berbentuk cekungan atau bak resapan yang sudah terbentuk secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian.

Kolam buatan atau kolam non alami adalah kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan material yang kaku, seperti beton.

Untuk merencanakan pembangunan kolam retensi diperlukan analisis hidrologi untuk menentukan besarnya debit banjir rencana akan berpengaruh terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Kemudian diperlukan data curah hujan untuk rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 1993). Selain data tersebut, debit air kotor juga perlu direncanakan untuk memastikan jumlah air yang masuk ke dalam kolam retensi yang akan dibangun.

2.1.2 Fungsi kolam retensi

Kolam retensi berfungsi untuk menyimpan dan menampung air sementara dari saluran pembuangan sebelum dialirkan ke sungai sehingga puncak banjir dapat dikurangi. Wilayah yang digunakan untuk pembuatan kolam penampungan biasanya di daerah yang rendah. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam retensi dapat digunakan sebagai penampungan air hujan sementara dan penyalur atau distribusi air.

2.1.3 Tipe-tipe kolam retensi

a. Kolam retensi tipe di samping badan sungai

Tipe ini memiliki bagian-bagian berupa kolam retensi, pintu *inlet*, bangunan pelimpah samping, pintu *outlet*, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah di depan pintu *outlet*, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen.



Gambar 2.1 Kolam retensi tipe di samping badan sungai

Kolam retensi jenis ini cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas untuk kolam retensi sehingga kapasitasnya bisa optimal. Keunggulan dari tipe ini adalah tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan.

b. Kolam retensi di dalam badan sungai

Kolam retensi jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling, pintu outlet, bendung, saringan sampah dan kolam sedimen. Tipe ini diterapkan bila lahan untuk kolam retensi sulit didapat.

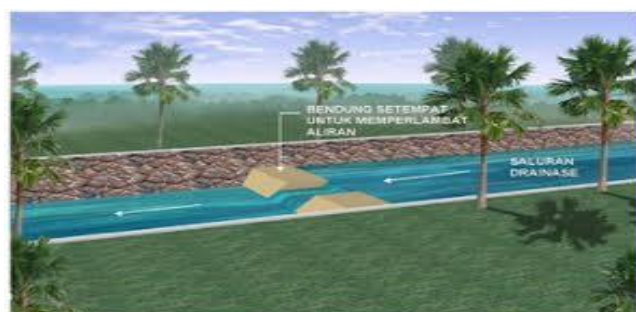


Gambar 2.2 Kolam retensi di dalam badan sungai

Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitas kolam yang terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaan sulit dan pemeliharaan yang mahal.

c. Kolam retensi tipe *storage* memanjang

Kelengkapan sistem dari kolam retensi tipe ini adalah saluran yang lebar dan dalam serta bendung setempat. Tipe ini digunakan apabila lahan tidak tersedia sehingga harus mengoptimalkan saluran drainase yang ada.



Gambar 2.3 Kolam retensi tipe *storage* memanjang

Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitasnya terbatas, menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit.

2.2. Drainase

2.2.1. Pengertian Drainase

Drainase yang berasal dari kata kerja “*to drain*” yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air, adalah terminologi yang digunakan untuk menyatakan sistem-sistem yang berkaitan dengan penanganan masalah kelebihan air, baik di atas maupun dibawah permukaan tanah. 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 yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. (Suhardjono 1948:1)

2.2.2 Jenis-jenis Drainase

1. Drainase Berdasarkan Sejarah Terbentuknya

a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

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 goresan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

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

2. Drainase Berdasarkan Letak Bangunannya

a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

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

b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface Drainage*)

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

3. Drainase Menurut Fungsinya

a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

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 goresan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai

b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

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

4. Drainase Menurut Konstruksinya

a. Saluran Terbuka

Saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak didaerah yang mempunyai luasan yang cukup ataupun untuk drainase non hujan yang tidak membahayakan kesehatan dan mengganggu lingkungan.

b. Saluran Tertutup

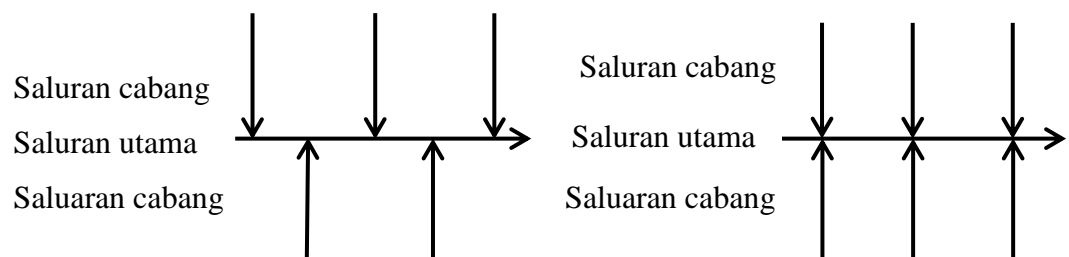
Saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor, pembuangan air yang mengganggu kesehatan lingkungan atau untuk saluran yang terletak ditengah kota. (Ir.H.A Halim Hasmar, M.T. , 2004)

2.2.3 Pola Jaringan Drainase

Saluran drainase dibuat sesuai dengan kondisi lahan dan lingkungan sekitarnya, oleh karena itu dalam drainase dikenal beberapa pola jaringan drainase yaitu antara lain :

1. Pola Siku

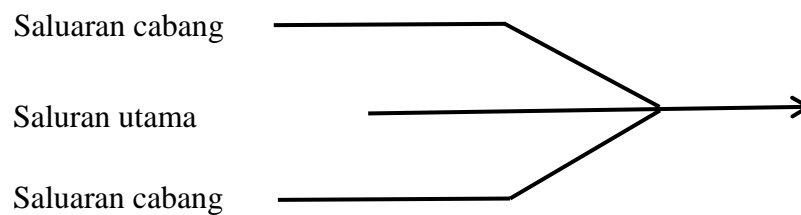
Pola ini dibuat pada daerah yang topografi sedikit lebih tinggi dari sungai, sungai sebagai saluran pembuangan akhir berada ditengah kota.



Gambar 2.4 Pola siku

2. Pola Pararel

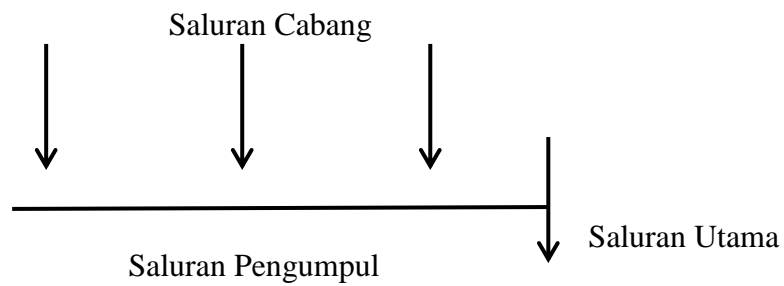
Pola ini dimana saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak, apabila terjadi perkembangan kota saluran dapat menyesuaikan.



Gambar 2.5 Pola Pararel

3. Pola *Grid Iron*

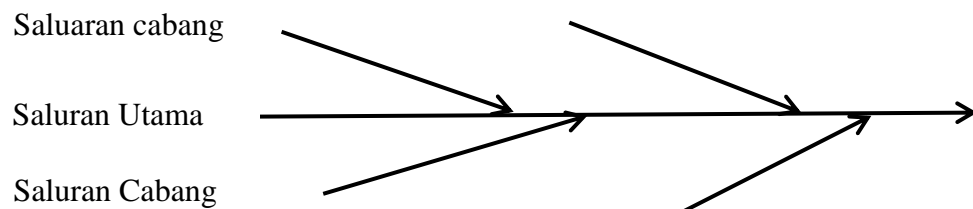
Pola ini untuk daerah dimana sungainya terletak dipinggir kota, sehingga saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.6 Pola *Grid Iron*

5. Pola Alamiah

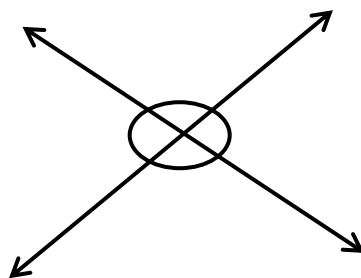
Pola ini sama seperti pola siku, hanya saja pola alamiah ini beban sungainya lebih besar.



Gambar 2.7 Pola Alamiah

6. Pola Radial

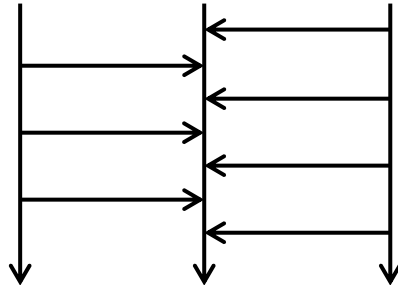
Pola ini pada daerah berbukit dimana pola saluran memancar kesegala arah.



Gambar 2.8 Pola Radial

7. Pola Jaring-jaring

Pola ini mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi rendah.

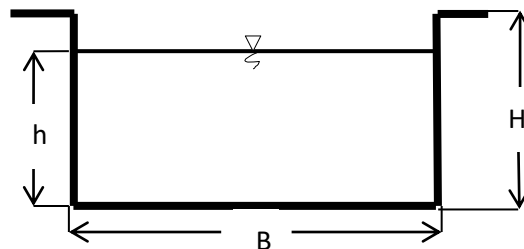


Gambar 2.9 Pola Jaring-jaring
(Sidahrta Karmawan, 1997)

2.2.4 Bentuk Penampang Drainase

a. Penampang persegi

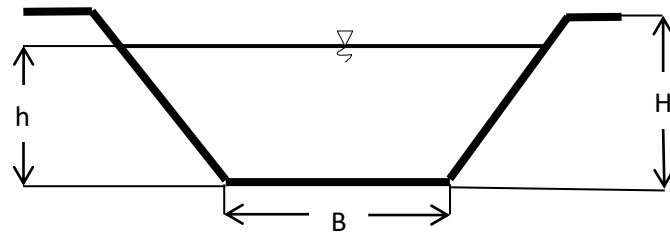
Bentuk penampang persegi empat merupakan penyerhanaan dari bentuk trapesium yang biasanya di gunakan untuk saluran-saluran drainase yang melalui lahan-lahan yang sempit.



Gambar 2.10 Saluran dengan penampang persegi

b. Penampang Trapesium

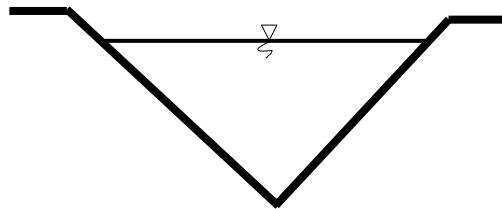
Bentuk penampang trapesium bentuk biasa yang digunakan untuk saluran-saluran irigasi atau saluran-saluran drainase karena menyerupai bentuk saluran alam, dimana kemiringan tebingnya menyesuaikan dengan sudut lereng alam dari tanah dari tanah yang digunakan untuk saluran tersebut.



Gambar 2.11 Saluran dengan penampang trapesium

c. Penampang Segitiga

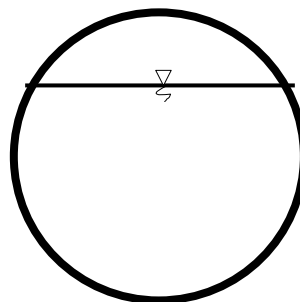
Bentuk penampang segitiga merupakan penyederhanaan dari bentuk trapesium yang biasanya digunakan untuk saluran- saluran drainase yang melalui lahan-lahan yang sempit.



Gambar 2.12 Saluran dengan penampang segitiga

d. Penampang Lingkaran

Bentuk penampang lingkaran biasanya digunakan pada perlintasan dengan jalan. Saluran ini disebut gorong-gorong



Gambar 2.13 Saluran dengan penampang lingkaran

2.3 Air Limbah

Air limbah (*waste water*) adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. (Sugiharto, 1987)

2.3.1 Macam-macam Air Limbah

1. Air Limbah Rumah Tangga (*Domestic Wastes Water*)

Air ini berasal dari rumah tangga, misalnya pemukiman penduduk. Jenis air buangan limbah rumah tangga adalah bekas kamar mandi, dapur yang terdiri dari bahan organik.

2. Air Limbah Industri (*Industrial Wastes Water*)

Air limbah ini berasal dari industri, misalnya dari pabrik. Jenis air buangan limbah industri ini berasal dari produksi pabrik, pada umumnya jenis limbah ini berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan jika dibuang begitu saja tidak dilakukan pengelolaan terlebih dahulu.

3. Air Limbah Kotapraja (*Municipal Wastes Water*)

Air Limbah ini berasal dari fasilitas umum seperti perkantoran, sekolah, restoran, hotel dan lain-lain. Jenis air limbah ini pada umumnya sama dengan jenis limbah rumah tangga.

2.3.2 Sistem Penyaluran Air Limbah

1. Penyaluran Pada Permukaan Tanah

Penyaluran pada permukaan tanah ini berupa drainase. Sistem pembuangan air limbah tidak dikumpulkan serta tidak disalurkan ke dalam suatu jaringan saluran yang akan membawanya ke suatu tempat pengolahan air buangan atau badan air penerima, melainkan dibuang ditempat.

2. Penyaluran Dibawah Permukaan Tanah

Penyaluran dibawah tanah ini antara lain berupa pipa. Air limbah yang disalurkan keluar dari lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan dan selanjutnya disalurkan secara terpusat ke bangunan pengolahan airbuangan sebelum dibuang ke badan perairan.

fungsi dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang terjadi.

Analisis frekuensi diperlukan data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu. Ada 2 macam seri data yang digunakan dalam analisis frekuensi, yaitu :

a. Data maksimum hujan tahunan

Data ini diambil setiap tahun dengan satu besaran maksimum yang dianggap berpengaruh pada analisis selanjutnya.

b. Seri parsial

Dengan menetapkan suatu besaran tertentu sebagai batas bawah, selanjutnya semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan bagian seri data untuk kemudian dianalisis.

Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpangan yang terjadi. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah :

1. Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan.

Analisa curah hujan adalah sebagai berikut:

a. Hitung nilai rata-rata

$$X_r = \Sigma X / n$$

b. Hitung standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(x_1 - x_r)^2}{n - 1}}$$

Keterangan:

- X = Hujan tahunan maksimum
 X_r = Hujan tahunan maksimum rata-rata
 S = Deviasi standar

Perhitungan curah hujan rencana berdasarkan distribusi normal, persamaan yang dipergunakan:

$$X_T = X_r + K_T \cdot S$$

Keterangan:

- X_T = hujan rencana dengan periode ulang T tahun
 X_r = nilai rata-rata dari data curah hujan
 S = Standar deviasi dari data curah hujan
 K_T = Faktor frekuensi nilainya bergantung pada T

2. Distribusi Log Normal

Perhitungan hujan rencana dengan menggunakan metoda distribusi log normal digunakan rumus:

$$\log X_T = \overline{\log X} + K_T \cdot S \log X$$

Keterangan:

- Log X_T = nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T
 $\log X$ = nilai rata-rata log X0
 $S \log X$ = Standar deviasi Log X = $\sqrt{\frac{\sum(\text{Log}X - \text{Log}X_r)^2}{n-1}}$
 K_T = faktor frekuensi yang nilainya bergantung pada T (periode ulang)

3. Distribusi *Log Pearson Type III*

Perhitungan hujan rencana berdasarkan distribusi log pearson type III:

- Mentransformasikan data curah hujan harian maksimum kedalam harga logaritmanya : R1, R2, ... Rn menjadi logR1, logR2, ..., logRn
- Menghitung harga tengahnya ($\overline{\text{Log}R}$) :

$$\overline{\text{Log}R} = \frac{\sum \text{log}R}{n}$$

- Menghitung harga penyimpangan standar (Sx)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}R_i - \overline{\text{Log}R})^2}{n-1}}$$

- Menghitung koefisien asimetri (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log}R_i - \overline{\text{Log}R})^3}{(n-1)(n-2)Sx^3}$$

- Menghitung besarnya logaritma hujan rencana dengan waktu ulang yang dipilih dengan rumus:

$$\text{Log } R_t = \text{Log}R + K \cdot Sx$$

Dimana:

R = tinggi hujan rata-rata daerah

N = jumlah tahun pengamatan data

Cs = koefisien penyimpangan

K = faktor kekerapan Log pearson type III

- Menentukan nilai K untuk metode Log Pearson Type III

Tabel 2.2 Harga K Untuk Distribusi Log Pearson Type III

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97	7,25
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652	6,6
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444	6,2
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,91
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82

1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,78	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,25
0,7	-0,116	0,79	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,8	1,328	2,939	2,359	2,755	3,132	3,96
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,91	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,88	2,261	2615	2,949	3,67
0,3	-0,05	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,595
0,2	-0,033	0,83	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,58
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,4	2,67	3,501
0	0	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576	3,09
-0,1	0,017	0,836	1,27	2,761	2	2,252	2,482	3,95
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388	2,81
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,54
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,4
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,15
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749	1,91
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,8
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,2	1,216	1,28
-1,8	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,13
-2	0,307	0,777	1,895	0,959	0,98	0,99	1,995	1
-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,9	0,905	0,907	0,91
-2,5	0,36	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,8	0,802
-3	0,396	0,636	0,66	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber : suripin,2004:43)

3. Distribusi Gumbel

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

1. besarnya curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$\bar{X} \text{ rata-rata} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2. hitung standart deviasi dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2}$$

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

$$X_t = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{\sigma_n} \times S$$

Harga Y_n berdasarkan banyaknya jumlah sampel n dilihat pada tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 hubungan reduce mean (Y_n) dengan banyaknya sampel

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(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 berikut :

Tabel 2.4 Periode ulang untuk t tahun

Kala Ulang (tahun)	Faktor Reduce (Yt)
2	0.3665
5	0.4999
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 Standart Deviasi (σn) dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut :

Tabel 2.5 Hubungan Reduce Standart Deviasi (σn) dengan banyaknya sampel n

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

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

2.6 Curah Hujan Wilayah

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh dipermukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur.

Data-data curah hujan didapatkan dengan cara melakukan pengamatan disuatu kawasan atau daerah dengan menggunakan alat pengukur curah hujan. Alat ukur curah hujan ini ada dua jenis, yaitu alat ukur normal dan alat ukur otomatis, alat ini diletakkan ditempat terbuka agar air hujan yang jatuh tidak terhalang oleh bangunan atau pepohonan.

Curah hujan Wilayah yang diperhitungkan dengan:

a. Cara rata-rata aljabar

Tinggi rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar hujan di dalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya diletakkan secara merata di areal tersebut dan hasil penakar masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rataseluruh pos diseluruh areal.

Rumus yang digunakan:

$$\bar{R} = \frac{1}{n}(\mathbf{Ra} + \mathbf{Rb} + \dots + \mathbf{Rn})$$

Dimana:

\bar{R} = Curah hujan wilayah

n = Jumlah pos hujan

Ra, Rb, Rn = Curah hujan di pos a, b, sampai ke n.

b. Cara Poligon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar (H.A. Halim Hasmar, 2011).

Misal A_1 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1, A_2 luas daerah pengaruh pos penakar 2 dan seterusnya. Jumlah $A_1+A_2+\dots+A_n = A$

adalah jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujan rata-ratanya.

Rumus yang digunakan :

$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan wilayah

n = Jumlah pos hujan

R1, R2, Rn = Curah hujan di pos 1, 2, sampai ke n.

c. Cara Isohyet

Isohyet adalah garis pada peta yang menunjukkan tempat-tempat dengan curah hujan yang sama. Dalam metode isohyet ini wilayah dibagi dalam daerah-daerah yang masing-masing dibatasi oleh dua garis isohet yang berdekatan, misalnya isohyet 1 dan 2 Kemudian luas bagian di antara isohyets-isohyet yang berdekatan diukur, dan nilai rata-rata dihitung sebagai sebagai nilai rata-rata timbang nilai kontur.

Cara isohyet menggunakan rumus berikut:

$$\bar{R} = \frac{\sum [A \left(\frac{I_1 + I_2}{2} \right)]}{\sum A}$$

Dimana:

\bar{R} = Curah hujan wilayah

A = Luas daerah antara dua garis kontur yang berdekatan

I = garis isohyet

2.7 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah besarnya jumlah hujan yang turun yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Intensitas curah hujan diperlukan untuk menentukan debit banjir rencana (*design flood*). Intensitas hujan didapatkan dengan cara melakukan analisis terhadap data hujan baik secara statistik maupun empiris. Intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman. Data curahh hujan jangka pendek seperti ini didapatkan dari data pengamatan curah hujan otomatis dari kertas diagram yang terdapat diperalatan tersebut.

Besar intensitasnya berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Untuk perhitungan intensitas curah hujan digunakan rumus Mononobe :

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

Keterangan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t_c = durasi hujan / waktu konsentrasi (jam)

(Ir. Joesron Loebis, M. Eng. , 1992)

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{L}{60V}$$

$$t_c = t_1 + t_2$$

Keterangan :

t_1 = waktu inlet (menit)

t_2 = waktu aliran (menit)

L_0 = jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

nd = koefisien hambatan

S = kemiringan daerah pengaliran

V = kecepatan air rata-rata disaluran (m/det)

(Dewan Standarisasi Nasional, 1994)

Tabel 2.6 Nilai n_d untuk perhitungan t_1

No.	Kondisi Lapis Permukaan	N_d
1.	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2.	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3.	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4.	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5.	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6.	Hutan gundul	0,600
7.	Hutan rimbun	0,800

Sumber ; Standart Nasional Indonesia SNI 03-3424-1994

Tabel 2.7 Kecepatan aliran air yang diizinkan berdasarkan jenis material

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diizinkan (m/det)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau alluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikit kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton bertulang	1,50

Sumber ; Standart Nasional Indonesia SNI 03-3224-1994

2.8 Debit Rancangan

Debit rencana (Q_T) adalah debit dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau drainase. Perhitungan debit rencana menjadi bagian yang sangat penting dalam perencanaan teknis drainase, karena besar kecilnya nilai debit rencana akan menentukan besar kecilnya dimensi hidrolis suatu saluran. Dimensi hidrolis suatu drainase yang lebih besar akan lebih aman dalam mengalirkan debit tertentu, namun dimensi yang lebih besar dapat menyebabkan pembengkakan biaya. Sebaliknya dimensi hidrolis yang lebih kecil akan menjadi kurang aman dalam mengalirkan debit tertentu. Muara dari perhitungan debit rencana adalah mendapatkan dimensi hidrolis (kapasitas).

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{air hujan}} + Q_{\text{air buangan rumah sakit}} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Debit air hujan (Q) yaitu aliran air yang terjadi dipermukaan tanah yang disebabkan oleh turunnya hujan dan terkumpulnya membentuk suatu aliran. Aliran ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling mempengaruhi, yaitu jenis permukaan tanah, luas daerah limpasan dan intensitas curah hujan. Aliran tersebut akan terkumpul dan membentuk suatu aliran-aliran pada saluran yang disebut sungai. Debit aliran ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

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

Keterangan :

- Cs = Koefisien tampungan
- Q = Debit limpasan (m³/jam)
- C = Koefisien pengaliran
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)

Tipe-tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai c apabila daerah pengaliran berbeda, c rata-rata dihitung dengan persamaan

$$C = \frac{(C_1 \times A_1) + (C_2 \times A_2) + (C_3 \times A_3) + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

Keterangan :

C_1, C_2, C_3 = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

Tabel 2.8 Hubungan Kondisi Permukaan Tanah Dan Koefisien Pengaliran (C)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 - 0,70
3	Bahu jalan: <ul style="list-style-type: none"> • Tanah berbutir halus • Tanah berbutir kasar • Batuan massif keras • Batuan massif lunak 	0,40 - 0,65 0,10 - 0,20 0,70 - 0,85 0,60 - 0,75
4	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
5	Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70
6	Daerah industri	0,60 - 0,90
7	Pemukiman padat	0,40 - 0,60
8	Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60
9	Taman dan kebun	0,20 - 0,40
10	Persawahan	0,45 - 0,60
11	Perbukitan	0,70 - 0,80

12	Pegunungan	0,75 - 0,90
----	------------	-------------

Sumber Standar Nasional Indonesia SNI 03 - 3424 -1994

2.9 Dimensi Saluran

Dimensi hidrolis suatu drainase yang lebih besar akan lebih aman dalam mengalirkan debit tertentu, namun dimensi yang lebih besar dapat menyebabkan pembengkakan biaya. Sebaliknya dimensi hidrolis yang lebih kecil akan menjadi kurang aman dalam mengalirkan debit tertentu. Muara dari perhitungan debit rencana adalah mendapatkan dimensi hidrolis (kapasitas).

2.9.1 Saluran Primer

Saluran primer adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran sekunder dan menyalurkannya ke badan air penerima

2.9.2 Saluran Sekunder

Saluran sekunder adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran tersier dan menyalurkannya ke saluran primer

Tabel 2.9 Koefisien Kekerasan Manning (N)

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
	Saluran Buatan				
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,02	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang di buat dengan excavator	0,023	0,028	0,03	0,04
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,02	0,03	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,04	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,03	0,035	0,04
6	Dasar saluran dari tanah,	0,028	0,03	0,033	0,035

	sisi saluran berbatu				
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,02	0,025	0,028	0,03
	Saluran Alam				
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlobang	0,025	0,028	0,03	0,033
9	Seperti no.8, tetapi ada timbunan atau kerikil	0,03	0,033	0,035	0,04
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,033	0,035	0,04	0,045
11	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,04	0,045	0,05	0,055
12	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,04	0,045	0,05
13	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,05	0,055	0,06
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,05	0,06	0,07	0,08
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,1	0,125	0,15

(Sumber : SNI 03-3424-1994)

2.10 Pengelolaan Proyek

Proyek merupakan suatu tugas yang perlu dirumuskan untuk mencapai sasaran yang dinyatakan secara kongkrit serta harus diselesaikan dalam suatu periode tertentu dengan menggunakan tenaga manusia dan alat-alat yang terbatas dan begitu kompleks sehingga dibutuhkan pengelolaan dan kerja sama yang berbeda dari yang biasanya digunakan.

Pengelolaan proyek atau disebut juga dengan manajemen proyek merupakan suatu usaha merencanakan, mengorganisasi, mengarahkan, mengkoordinasi dan mengawasi kegiatan dalam proyek sedemikian rupa sehingga sesuai dengan jadwal waktu dan anggaran yang telah ditetapkan.

2.10.1 Dokumen Tender

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

- a. Rencana kerja dan syarat-syarat
- b. Gambar kerja
- c. Daftar pekerjaan (Bill Of Quantity)

a. Rencana Kerja dan Syarat-syarat

Penyusunan rencana kerja waktu kegiatan dilakukan sebelum pelaksanaan kegiatan proyek dimulai, penyusunan rencana kerja tersebut disesuaikan dengan metode konstruksi yang akan digunakan. Pendataan lokasi proyek yang dilakukan oleh pihak pengelola proyek guna mendapatkan informasi detail untuk keperluan penyusunan rencana kerja.

Syarat-syarat ini berisi tentang ketentuan-ketentuan yang harus dipatuhi dan dilaksanakan didalam melakukan pekerjaan baik dari awal mula pekerjaan itu dimulai sampai akhir pekerjaan itu selesai, baik oleh pemilik proyek kontraktor maupun konsultan.

1) Rencana Kerja

- a. Hal yang harus diperhatikan dalam menyusun rencana kerja :
- Keadaan lapangan lokasi proyek
Keadaan lapangan lokasi proyek ini dilakukan untuk memperkirakan hambatan yang mungkin timbul selama pelaksanaan pekerjaan.
 - Kemampuan tenaga kerja
Kemampuan tenaga kerja ini dilakukan untuk mendapatkan informasi detail tentang jenis dan macam kegiatan yang berguna untuk memperkirakan jumlah dan jenis tenaga kerja yang harus disiapkan.
 - Pengadaan material konstruksi
Pengadaan material konstruksi ini dilakukan untuk mengetahui macam, jenis, dan jumlah material yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek tersebut.
 - Pengadaan alat pembangunan
Pengadaan alat pembangunan ini dilakukan untuk mendeteksi peralatan yang diperlukan didalam proyek, selain itu untuk mengetahui jenis, kapasitas, kemampuan dan kondisi peralatan yang akan dipergunakan dalam proses berjalannya proyek.
 - Gambar kerja
Gambar kerja ini dibuat untuk bagian-bagian khusus/tertentu, gambar kerja ini juga dibuat untuk mendesain gambar suatu proyek.
 - Kontinuitas pelaksanaan pekerjaan
Kontinuitas pelaksanaan pekerjaan merupakan faktor yang penting, agar kelangsungan dari susunan kegiatan setiap item pekerjaan dapat dijamin oleh pengelola proyek

b. Guna dan manfaat penyusunan rencana kerja

- Alat koordinasi bagi pemimpin
Dapat digunakan pemimpin pelaksana pembangunan sebagai koordinasi semua kegiatan yang ada dilapangan.
- Sebagai pedoman kerja pelaksana
Dapat dijadikan pedoman batas waktu dari setiap item kegiatan dilapangan
- Sebagai penilaian kemajuan kegiatan
Dapat meninjau ketepatan waktu dari setiap item kegiatan dilapangan
- Sebagai evaluasi pekerjaan
Dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menentukan rencana selanjutnya

2) Syarat-syarat

1. Persyaratan umum

Persyaratan umum ini meliputi keterangan mengenai pemilik pekerjaan, perencanaan atau konsultan dan ketentuan-ketentuan mengenai kontraktor, persyaratan peserta pelelangan, bentuk surat penawaran dan cara penyampaian.

2. Persyaratan administrasi

Persyaratan administrasi ini meliputi jangka waktu pelaksanaan pekerjaan, tanggal penyerahan pekerjaan, persyaratan pembayaran, denda atas keterlambatan pekerjaan, besarnya jaminan pelaksanaan.

Syarat-syarat administrasi proyek meliputi :

- a. Pekerjaan yang akan dilaksanakan serta ruang lingkup pekerjaan
- b. Pihak-pihak yang terlibat didalam proyek
- c. Semua yang termasuk dalam dokumen lelang
- d. Tipe kontrak yang diperlukan klien

- e. Pelelangan, prosedur, syarat-syarat dan jadwal penetapan lelang
- f. Persyaratan dan pelaksanaan proyek

3. Persyaratan Teknis

Persyaratan teknis ini meliputi jenis dan uraian pekerjaan yang akan dilaksanakan, jenis dan mutu bahan, gambar rencana dan detail. Jika semua gambar dan spesifikasi yang sama akan dilengkapi dengan persyaratan umum yang sama pula, maka akan menghasilkan harga penawaran yang berbeda dalam membuat harga penawaran. Lama pembuatan dokumen lelang ini minimum tiga hari dan selambat-lambatnya lima hari lelang kecil, sepuluh hari lelang sedang, lima belas hari untuk lelang besar. Pengumuman pemenang lelang selambat-lambatnya lima hari setelah pengiriman laporan calon pemenang dari panitia lelang. Penentuan pemenang lelang biasanya dilakukan dengan mengambil harga penawaran terendah atau yang mendekati harga standar yang telah ditetapkan, namun secara teknis dapat dipertanggung jawabkan hal ini dimaksud untuk memberi keuntungan pada negara atau pemilik proyek (Ervianto, 2005).

2.10.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan, biaya alat (sewa atau beli), upah pekerja, dan biaya lainnya yang diperlukan. Secara garis besar RAB terdiri dari dua komponen utama yaitu, volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan. Volume pekerjaan dapat diperoleh dengan cara melakukan perhitungan dari gambar rencana yang tersedia atau

berdasarkan kebutuhan real dilapangan. Sedangkan harga satuan didapat dari analisa harga satuan dengan mempertimbangkan banyak hal, diantaranya: bahan atau material, upah tenaga kerja, biaya peralatan, biaya lain-lain.

2.10.3 Networkplanning

Networkplanning dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dalam setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (*Callahan, 1992*). Penjadwalan meliputi tenaga kerja, material, peralatan, keuangan, dan waktu. Dengan penjadwalan yang tepat maka beberapa macam kerugian dapat dihindarkan seperti keterlambatan, pembengkakan biaya, dan perselisihan.

Pengendalian-pengendalian terhadap proyek yang sedang dikerjakan :

- a. Pengendalian waktu (*Schedulling Control*)
- b. Pengendalian penggunaan sumber daya (*Resources Control*)
- c. Pengendalian berbagai unsur Network Planning (*Sub-Contractors*)

2.10.4 Barchart

Barchart ditemukan oleh L. Gantt Chart dan Fredick W. Taylor dalam bentuk bagan balok, panjang balok mempresentasikan sebagai durasi setiap kegiatan. Keuntungan dari bagan balok ini adalah imformatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana. Untuk dapat memanagemen proyek dengan baik perlu diketahui sebelumnya dimana posisi waktu tiap item pekerjaan, sehingga disitulah pekerjaan proyek harus benmar-benar dipantau agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek.

Proses penyusunan *Barcharts* (diagram batang) :

- a. Daftar item kegiatan
Berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana proyek.
- b. Setelah didapat item pekerjaan seperti diatas, kemudian disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu.
- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan
Waktu pelaksanaan pekerjaan yaitu jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. (Ervianto, 2005)

2.10.5 Kurva S

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai presentasi kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Pada pembuatan kurva S, jumlah presentasi kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode diantara durasi proyek di plotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis akan membentuk kurva S. Pada penentuan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan presentase berdasarkan biaya per item pekerjaan dibagi total anggaran atau berdasarkan volume rencana dari komponen kegiatan terhadap volume total kegiatan.