

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Drainase

Drainase berasal dari istilah drainage yang memiliki arti mengalirkan, mengeringkan, menguras, membuang dan mengalirkan air. dalam bidang Teknik sipil drainase secara awam bisa didefinisikan menjadi suatu Tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yg berasal berasal air hujan, rembesan juga air irigasi dari suatu daerah lahan sebagai akibatnya serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air berasal suatu daerah atau huma, sebagai akibatnya huma dapat berfungsi secara optimal (Suripin, 2002).

Sistem drainase ialah cara pengaliran air dengan pembuatan saluran (tersier) buat menampung air hujan yg mengalir diatas bagian atas tanah, lalu dialirkan ke system yg lebih besar (sekunder dan premier) serta selanjutnya dialirkan ke sungai serta laut (Robert J Kodoatie, 2005).

Daerah layanan harus safety terhadap genangan air serta sekaligus mempertahankan kelestarian dan keseimbangan air berasal suatu daerah. sang karena itu maka konsep pembangunan drainase perkotaan yg berkelanjutan sudah menjadi keharusan pada system pembangunan di Indonesia waktu ini serta pada masa mendatang, sebagai akibatnya dalam perencanaan system drainase perlu memperhatikan fungsi drainase menjadi prasarana yang dilandasi dengan konsep pembangunan berwawasan lingkungan sesuai istiadat Perencanaan umum Drainase Perkotaan (DPU, 1990).

Secara garis besar drainase dapat dibedakan menjadi dua macam (Suripin, 2002) yaitu :

- a) Drainase Permukaan adalah system drainase yg berkaitan menggunakan pengendalian peredaran air permukaan.
- b) Drainase Bawah Permukaan ialah system drainase yg berkaitan menggunakan pengendalian aliran air di bawah permukaan.

Drainase perkotaan artinya system pengeringan serta pengaliran asal wilayah yang meliputi :

- a) Permukiman

- b) kawasan industri serta perdagangan
- c) Kampus dan sekolah
- d) rumah sakit dan fasilitas umum
- e) Lapangan olahraga
- f) Parkiran
- g) Pelabuhan udara dan infrastruktur lainnya

2.2 Fungsi Drainase

Fungsi drainase pada umumnya adalah untuk mengendalikan kelebihan air pada permukaan sehingga tidak mengganggu kenyamanan masyarakat yang ada di sekitar saluran (Hadihardjaja, 1997).

Adapun fungsi lain drainase sebagai berikut :

- a) Berfungsi untuk mengalirkan banjir atau genangan air hujan dengan cepat dari permukaan jalan.
- b) Untuk mencegah aliran air yang berasal dari daerah lain atau daerah di sekitar jalan yang masuk ke daerah perkerasan jalan.
- c) Untuk mencegah kerusakan jalan dan lingkungan yang diakibatkan oleh genangan air dan jalan.

Menurut (Wesli, 2008) dalam sebuah system drainase digunakan saluran sebagai sarana mengalirkan air yang terdiri dari saluran *Interseptor*, saluran *Kolektor* dan saluran *Konveyor*. Masing-masing saluran tersebut mempunyai fungsi yang berbeda yaitu :

- a) Saluran *Interseptor* berfungsi untuk pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lainnya. Saluran tersebut biasanya diletakkan sejajar dengan kontur atau garis ketinggian topografi. Output dari saluran ini biasanya berada pada saluran *Kolektor* atau *Konveyor* pada saluran alamiah.
- b) Saluran *Kolektor* berfungsi sebagai pengumpulan aliran dari saluran drainase yang lebih kecil. Misalnya saluran *Interseptor*. Output saluran ini berada pada saluran *Konveyor*. Pada umumnya letak saluran ini berada di

bagian terendah lembah dari suatu daerah sehingga secara efektif dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada.

- c) Saluran *Konveyor* berfungsi sebagai saluran pembawa seluruh air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan. Saluran jenis ini bekerja dengan sisten saluran *by pass* yang artinya mengalirkan air secara cepat sampai ke lokasi pembuangan. Saluran jenis ini juga biasanya letaknya hamper sama seperti saluran *Kolektor* atau *Interceptor*.

2.3 Jenis Drainase

Saluran drainase memiliki banyak jenis yang dapat dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis saluran drainase adalah sebagai berikut (Hasmar, 2004 dalam Niko, 2016) :

- a) Menurut sejarah terbentuknya drainase yaitu dari berbagai cara, berikut ini cara terbentuknya drainase :

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alamiah yaitu jenis drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang lain seperti pasangan batu/beton. Jenis saluran ini pada umumnya terbentuk karena adanya gerusan air yang bergerak akibat gravitasi yang lambat laun akan membentuk jalan air secara permanen seperti sungai.

2. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Jenis drainase buatan ini yang bertujuan untuk memerlukan bangunan khusus seperti selokan, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

- b) Menurut letak bangunan

Saluran drainase menurut letak bangunan ini terbagi dalam beberapa bentuk yaitu :

1. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase jenis ini berfungsi seperti Analisa *open chanel flow* yaitu dapat mengalirkan air limpasan permukaan.

2. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Sub Surface Drainage*)

Jenis saluran ini berfungsi sebagai mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa)

c) Menurut fungsinya

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

1. *Single Purpose*

Jenis saluran ini fungsinya hanya dapat mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya hanya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain.

2. *Multi Purpose*

Fungsi dari jenis saluran ini yaitu dapat mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur atau bergantian.

d) Menurut Konstruksi

Dalam merancang sebuah drainase terlebih dahulu harus mengetahui jenis konstruksinya, berikut drainase menurut konstruksi :

1. Saluran Terbuka

Jenis saluran terbuka ini sering kali digunakan di daerah yang mempunyai luasan yang cukup ataupun drainasen non-hujan yang tidak membahayakan Kesehatan/mengganggu lingkungan karena saluran ini bagian atasnya terbuka dan berhubungan langsung dengan udara luar.

2. Saluran Tertutup

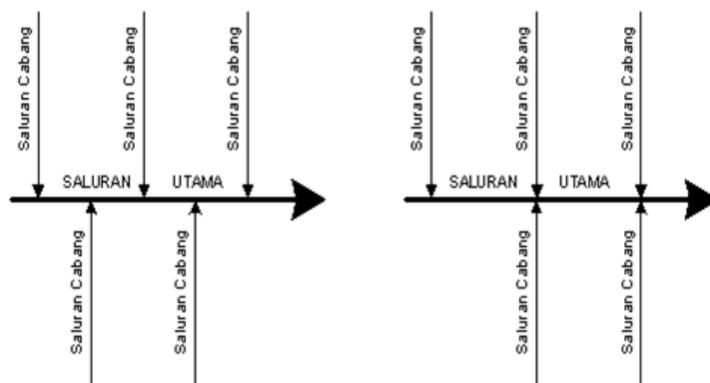
Pada umumnya saluran tertutup sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan lingkungan) atau untuk saluran yang terletak ditengah kota.

2.4 Pola Jaringan Drainase

Menurut Wesli (2008), system jenis drainase terdiri atas beberaa saluran yang berhubungan sehingga membentuk suatu pola jaringan. Dari bentuk jaringan dapat dibedakan sebagai berikut :

a) Pola Siku

Pola jaringan drainase siku adalah suatu jenis drainase dimana cabang saluran berbentuk siku-siku pada saluran utamanya dan pada umumnya pola drainase jenis ini terletak di daerah yang memiliki topografi yang sedikit lebih tinggi dari pada sungai, yang dimana sungai tersebut merupakan saluran pembuangan utama yang ada di tengah perkotaan.

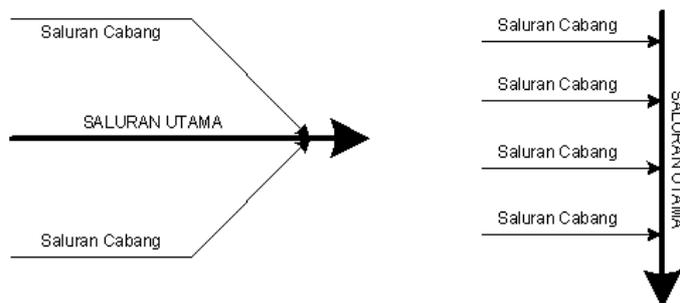


Gambar 2.1 Pola Jaringan Drainase Siku

(Sumber: Asmorowati, 1997)

b) Pola Paralel

Pola paralel adalah suatu pola yang dimana letak saluran utama sejajar dengan saluran cabang yang pada bagian akhir cabang dibelokkan menuju ke saluran pertama dan pada pola tersebut saluran cabang cukup banyak dan pendek dan dapat menyesuaikan diri apabila terjadi perkembangan kota.

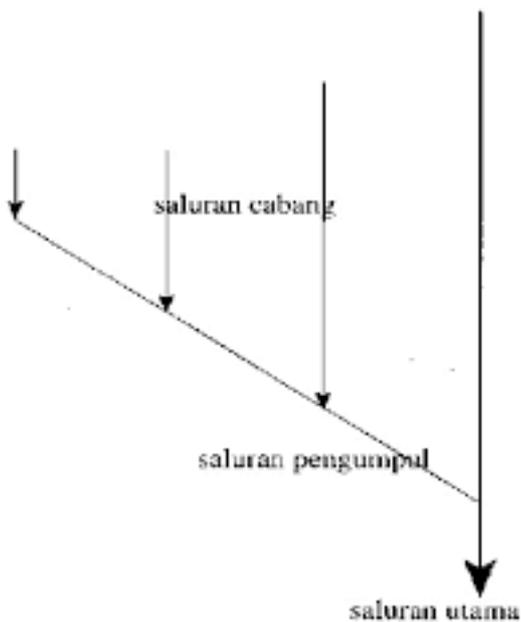


Gambar 2.2 Pola Jaringan Drainase Paralel

(Sumber: Asmorowati, 1997)

c) Pola *Grid Iron*

Pola jenis ini biasanya terdapat di daerah yang sungainya terletak di pinggir kota sehingga saluran pada cabang dikumpulkan dahulu pada saluran pengumpul.

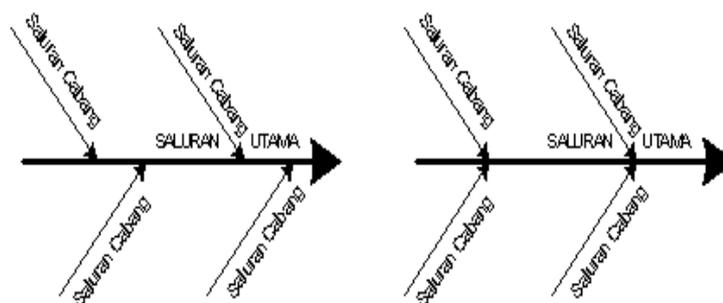


Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase *Grid Iron*

(Sumber: Asmorowati, 1997)

d) Pola Alamiah

Pada umumnya pola alamiah sama seperti pola siku yang membedakan hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar dari pada pola siku.

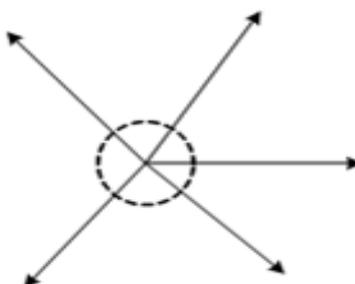


Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Alamiah

(Sumber: Asmorowati, 1997)

e) Pola Radial

Pola tersebut umumnya cocok digunakan di daerah berbukit dikarenakan pola saluran tersebut dapat mengalirkan air dari pusat sumber air memencar ke segala arah.

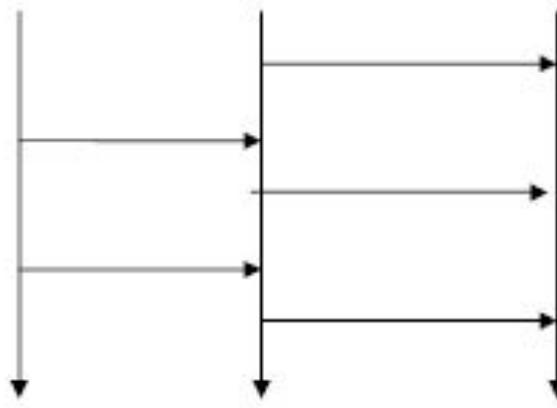


Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase Radial

(Sumber: Asmorowati, 1997)

f) Pola Jaring – Jaring

Pada umumnya jenis pola ini cocok digunakan untuk daerah dengan topografi rendah karena pola tersebut mempunyai saluran pembuangan yang mengikuti arah jalan raya.



Gambar 2.6 Pola Jaringan Drainase Jaring – Jaring

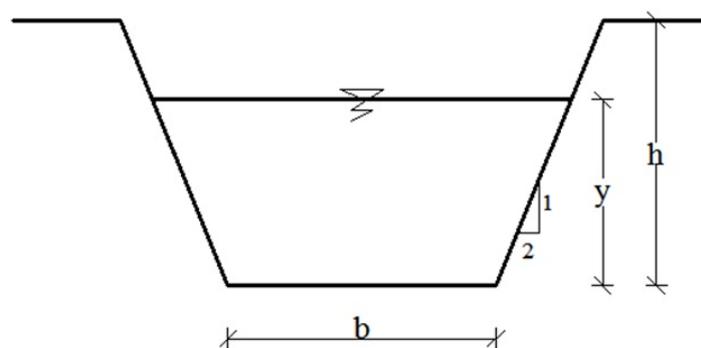
(Sumber: Asmorowati, 1997)

2.5 Bentuk Saluran Drainase

Menurut Suripin (2004), potongan saluran melintang yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran dan kemiringan dasar saluran tertentu.

b) Saluran bentuk trapesium

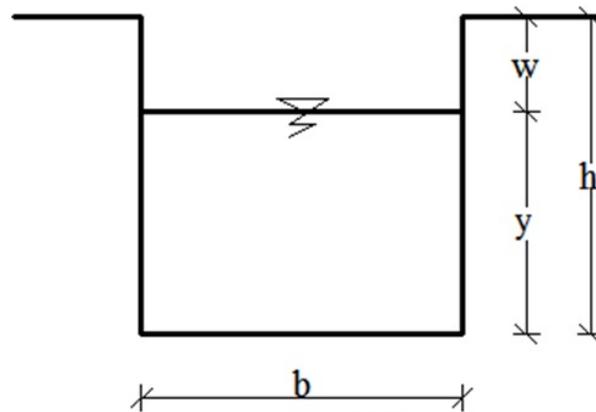
Saluran jenis ini adalah saluran yang paling sering digunakan pada saluran dinding tanah yang tidak dilapisi karena stabilitas kemiringannya dapat disesuaikan dengan kondisi. Jenis saluran ini dapat berfungsi sebagai tempat menyalurkan air limbah, air hujan ataupun air irigasi lainnya sebab saluran ini membutuhkan ruangan yang cukup untuk mengalirkan air tersebut (Suripin, 2004).



Gambar 2.7 Saluran Bentuk Trapesium

b) Saluran bentuk segi empat

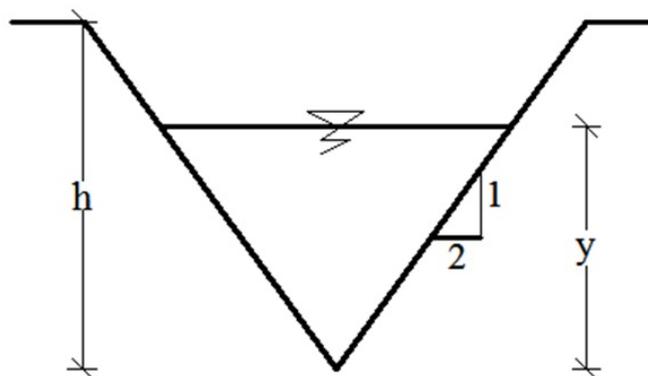
Pada umumnya saluran bentuk segi empat ini berfungsi sebagai saluran air hujan, air limbah dan air irigasi dikarenakan bentuk saluran tersebut yaitu berebentuk persegi yang tidak membutuhkan banyak ruangan, sebagai konsekuensinya bentuk ini harus dari pasangan beton (Suripin, 2004).



Gambar 2.8 Saluran Bentuk Segi Empat

b) Saluran bentuk segitiga

Saluran bentuk segitiga ini sangat jarang sekali digunakan hanya saja jenis saluran ini digunakan pada saat pengujian laboratorium (Suripin, 2004).



Gambar 2.9 Saluran Bentuk Segitiga

2.6 Analisa Hidrologi

Untuk melakukan perencanaan drainase diperlukan penggunaan metode yang tepat. Ketidaksesuaian dalam penggunaan metode dapat mengakibatkan hasil perhitungan tidak tepat digunakan pada kondisi yang sebenarnya. Analisis hidrologi merupakan factor yang paling berpengaruh untuk merencanakan besarnya sarana penampungan dan pengaliran. Hal ini diperlukan untuk dapat mengatasi aliran permukaan yang terjadi agar tidak mengakibatkan terjadinya genangan. Adapun beberapa aspek yang perlu ditinjau antara lain:

2.6.1 Curah Hujan Eksrem

Curah hujan ekstrim dalam Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air (I Made Kania, 2011) adalah curah hujan harian maksimum yang mungkin terjadi dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan terjadi disuatu daerah pengaliran, periode ulang adalah waktu hipotenik di mana suatu kejadian dengan nilai tertentu.

Menurut Gunadarma (1997) dalam perencanaan drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang dikeringkan. Berdasarkan pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan adalah sebagai berikut :

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

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

Dalam menganalisa frekuensi (Suripin, 2002) dijelaskan bahwa hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia maka semakin besar penyimpangan yang terjadi. Analisa frekuensi

terhadap data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain Gumbell, Log Normal, Log person III dan sebagainya.

a. Metode E.J Gumbell

Persamaan metode E.J Gumbell adalah sebagai berikut :

$$x_T = \bar{x} + \frac{y_T - y_n}{s_n} x \sigma n \dots\dots\dots 2.1$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots 2.2$$

$$y_T = - \ln [\ln \{ \frac{T}{T-1} \}] \dots\dots\dots 2.3$$

$$Sd = \sqrt{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 } \dots\dots\dots 2.4$$

$$K = \frac{y_T r}{s_n} \dots\dots\dots 2.5$$

$$X = \bar{X} + sK \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan :

x_T = Besarnya curah hujan rancangan dengan kala ulang T

\bar{x} = Harga rerata curah hujan (mm)

y_T = Reduce mean sebagai fungsi dari banyaknya data n

Sd = Standar devisiasi

Sn = Reduced Standard deviation yang juga tergantung pada jumlah sampel / data n

S = Standar Deviasi (Simpangan Baku)

Tabel 2.1 Reduced Mean (Yn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5128	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,532	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,538	0,5388	0,5388	0,5403	0,541	0,5418	0,5424	0,5436

40	0,5436	0,5422	0,5448	0,5448	0,5453	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5493	0,5497	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5527	0,553	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,555	0,5552	0,5552	0,5555	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5572	0,5574	0,5578	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5589	0,5591	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,56	0,5602	0,5603	0,5603	0,5604	0,5607	0,5608	0,5609	0,561	0,5611

(Sumber : Suripin, 2002)

Tabel 2.2 Reduced Standard Deviation (Sn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9676	0,9833	0,9971	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0696	1,0754	1,0811	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,108
30	1,1124	1,1159	1,1159	1,1193	1,1226	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1436	1,1458	1,148	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1623	1,1638	1,658	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1759	1,177	1,1782	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1863	1,1873	1,1881	1,1898	1,1906	1,1915	1,923	1,193
80	1,1938	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1973	1,198	1,1987	1,1694	1,2001

90	1,2007	1,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,206
100	1,2065	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2084	1,2087	1,209	1,2093	1,2096

(Sumber : Suripin, 2002)

Tabel 2.3 Reduced Variate (Y_t) sebagai fungsi periode ulang

Periode Ulang	Reduced	Periode Ulang	Reduced Variate
(Tahun)	Y_t	(Tahun)	Y_t
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,251	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber : Suripin, 2002)

b. Metode Log Person III

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

Person telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hamper semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatar belakangi pemakaian distribusi Log Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probailitas ini hamper tidak berbasis teori. Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan

person yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log Person (Suripin, 2002).

Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\log x_T = \overline{\log X} + G + S \dots\dots\dots 2.7$$

Persamaan yang digunakan adalah :

$$\text{Nilai rerata : } \log \bar{X} = \frac{\sum \log x}{n} \dots\dots\dots 2.8$$

$$\text{Standar Devisiasi : } S = \sqrt{\frac{\sum (\log xi - \overline{\log x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 2.9$$

Koefisien Kemencengan:

$$G = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log x})^3 \dots\dots\dots 2.10$$

Curah Hujan Ekstrim :

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan :

X = Curah hujan (mm)

G = Faktor frekuensi

$\overline{\log X}$ = Rerata log x

K = Variabel standar (*Starndardized Variable*) untuk x yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G (Suripin, 2004)

Tabel 2.4 Nilai K Untuk Distribusi Log-Person III

Interval Kejadian (<i>Recurrence Interval</i>), Tahun (<i>Periode Ulang</i>)								
Koef G	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui (<i>Percent Chance Of Being Exceeded</i>)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3	-0,667	-0,636	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,46	1,21	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,091	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,8
2,2	-0,905	-0,752	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705
2	-0,99	-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	2,78	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	1,34	2,087	2,626	3,149
1	-1,558	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,78	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,88	-0,857	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,85	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472
0	-2,326	-0,842	0	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,83	0,033	0,85	1,258	1,68	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	-0,8	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88
-0,8	-2,891	-0,78	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1	-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	1,27	1,318
-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	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99
-2,2	-3,705	-0,574	0,33	0,752	0,844	0,888	0,9	0,905
-2,4	-3,8	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,83	0,832
-2,6	-3,889	-0,49	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	-7,051	-0,42	0,396	0,636	0,66	0,666	0,666	0,667

(Sumber : Suripin, 2004)

2.6.2 Uji Kecocokan Sebaran

Dalam Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan (Suripin, 2004) bahwa diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. pengujian parameter yang sering dipakai adalah sebagai berikut :

a. Uji chi kuadrat

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

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan :

Xh^2 = Parameter chi kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter Xh^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai Xh^2 sama atau lebih besar dari pada nilai chi kuadrat sebenarnya (X^2) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.5 Tabel Peluang Xh^2

Dk	α derajat kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0,00014	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.07	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16,812	18.548
7	0.989	1.239	1.69	2.167	14.067	16.013	18,475	20.278
8	1.344	1.646	2.18	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.083	2.7	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.553	3.247	3.94	18.307	20.483	23.209	25.183
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.39	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.881	31.41	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181

24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.324	13.12	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	43.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.923	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.737	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

(Sumber : Soewarno, 1995)

Prosedur uji chi kuadrat :

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

Interpretasi hasilnya adalah :

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

b. Uji smirnov-kolmogrov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogrov sering disebut juga uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
- 2) Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran dat (persamaan distribusinya).
- 3) Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
- 4) Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmograf test*) tentukan harga D_0 .

2.6.3 Intensitas Curah Hujan

Menurut Joesron (1987), Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu. Analisa intensitas curah hujan dapat diproses dari data curah hujan yang terjadi pada masa lampau. Hubungan antara intensitas , lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF). Selanjutnya, berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu dari beberapa persamaan berikut :

a. Rumus Talbot

Dikemukakan oleh prof. Talbot tahun 1881. Rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan dimana tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga yang diukur.

$$I = \frac{a}{t^b} \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan :

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
 t = Lamanya curah hujan (menit)

a,n = Tetapan

b. Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \dots\dots\dots 2.14$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

a,b = Tetapan

c. Rumus Mononobe

Dikemukakan oleh Dr. Ishiguro tahun 1953. Rumus ini digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan setiap waktu berdasarkan data curah hujan harian.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^n \dots\dots\dots 2.15$$

$$t_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots 2.16$$

Besar t_0 dan t_d didapatkan dari rumus :

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right]^{0,167} \dots\dots\dots 2.17$$

$$t_d = \frac{L}{60 v} \dots\dots\dots 2.18$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t_c = Lamanya curah hujan (jam)

t_d = Waktu aliran dalam saluran (menit)

t₀ = Waktu *in-let* (menit)

2.7 Curah Hujan Wilayah

Jika di dalam suatu area terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan areal. (Soemarto, C.D, 1995)

Ada tiga macam cara umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan yaitu : (Suripin, 2004)

- a) Rata -rata aljabar
- b) *Polygon Thiessen*
- c) *Ishoyet*

A. Rata – Rata Aljabar

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

$$P = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} \dots\dots\dots 2.19$$

Keterangan :

P = Tinggi curah hujan wilayah

P₁, P₂, P₃, ... P_n = Tinggi curah hujan di pos penakar hujan

n = Banyaknya pos penakar hujan

(Suripin, 2004)

B. Metode *Polygon Thiessen*

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

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah – langkah sebagai berikut :

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

$$P = \frac{P_1.A_1 + P_2.A_2 + P_3.A_3 + \dots + P_n.A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots 2.20$$

Keterangan :

- | | |
|---|---|
| P | = Tinggi curah hujan daerah |
| P ₁ , P ₂ , P ₃ ... , P _n | = Tinggi curah hujan pada pos penakar hujan |
| A ₁ , A ₂ , A ₃ , ... , A _n | = Luas areal polygon pada pos penakar |
| n | = Banyaknya pos penakar hujan |

(Suripin, 2004)

C. Metode *Isohyet*

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

Metode *Isohyet* terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

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

Hitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1+P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2+A_2}{2} \right) + \dots + A_n \left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2} \right)}{A_1+A_2+\dots+A_{n-1}} \dots\dots\dots 2.21$$

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

Keterangan :

- P = Tinggi curah hujan daerah
- P₁,P₂,P₃, ... , P_n = Tinggi curah hujan pada pos penakar hujan
- A₁,A₂,A₃, ... A_n = Luas areal polygon pada pos penakar
- n = Banyak pos penakar hujan

(Suripin, 2004)

2.8 Debit Air Kotor

Menurut hasil survey yang telah dilakukan Direktorat Pengembangan Air Minum Cipta Karya Departemen PU Tahun 2006, pemakaian rata-rata rumah tangga di perkotaan di Indonesia sebesar 144 Liter per harinya. Dari data tersebut, timbulan air domestic diambil sebesar 60-8-% dari pemakaian air bersih, sehingga didapatkan rumus sebagai berikut :

$$Q_{air\ limbah} = (60 - 80\%) \times Q_{air\ minum} \dots\dots\dots 2.22$$

Keterangan :

$Q_{air\ limbah}$ = debit air limbah (L/orang/hari)

$Q_{air\ minum}$ = debit air minum)L/orang/hari)

Adapun analisis debit air limbah mencakup debit air limbah minimum (Q_{min}) dan debit air limbah puncak (Q_{puncak}) . Debit air limbah minimum merupakan debit air buangan saat pemakaian air minimum.

$$Q_{min} = 0,2 \times \sum PE^{1,2} \times Q_{r.ab} \dots\dots\dots 2.23$$

Keterangan :

Q_{min} = debit air limbah minimum ($m^3 / detik$)

$Q_{r.ab}$ = debit air limbah rata-rata (m^3 / detik)

PE = populasi ekivalen (jiwa)

n = jumlah node pada suatu system penyaluran air limbah

2.9 Debit Rancangan

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

a) Metode Rasional

Metode ini pada umumnya untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai metode Rasional USSCS (1973). Metode ini sangat simppel dan mudah penggunaannya. Adapun rumus metode rasional adalah sebagai berikut :

$$Q_p = 0,00278 C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots 2.24$$

Keterangan :

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

C = Koefisien aliran permukaan

I = Intensitas hujan(mm/detik)

A = Luas DAS (ha)

(Suripin, 2004)

2.10 Analisa Hidrolika atau Desain Saluran

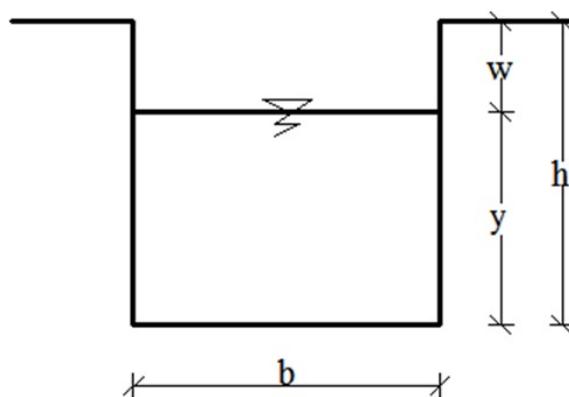
Dalam perencanaan desain saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai.

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

untuk luas penampang melintang tetap, debit maksimum dicapai jika kecepatan aliran maksimum dicapai jika kecepatan aliran maksimum.

Debit aliran saluran yang sama dengan debit akibat hujan, harus dialirkan pada saluran bentuk empat persegi panjang, bentuk segitiga, bentuk trapesium dan bentuk setengah lingkaran untuk drainase muka tanah (*surface drainage*). (Halim hasmar, 2011)

a) Penampang bentuk empat persegi panjang



Gambar 2.10 Saluran Bentuk Persegi

- Luas tampang saluran $F_s = b \cdot y$
- Keliling Basah $= b + 2y$
- Jari – Jari Hidrolik (R) $= \frac{b \cdot y}{b + 2y}$
- Lebar Puncak (T) $= b$
- Kedalaman Hidrolik (D) $= y$
- Faktor Penampang (Z) $= b \cdot y^{1,5}$

b) Luas Desain Saluran

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

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

$$F_s = Q / V \dots\dots\dots 2.26$$

V adalah kecepatan aliran air pada saluran drainase, yang didapatkan dari formula *Manning* atau *Chezy*.

c) Kecepatan Aliran Air

Kecepatan aliran air pada saluran, ditentukan berdasarkan :

1. Tabel kemiringan saluran versus kecepatan aliran

Tabel 2.6 Kemiringan saluran versus kecepatan rata-rata aliran

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

(Sumber : Halim Hasmar, 2011)

2. Berdasarkan formula manning dan chezy

$$V = \frac{1}{n} \cdot R S^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots 2.27$$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran air di saluran

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

Rs = Radius hidrolis =Fs / Ps

I = Kemiringan Saluran

(H.A. Halim Hasmar, 2011 : 20)

Tabel 2.7 Kecepatan aliran yang diizinkan pada bahan dan dasar saluran

Jenis Bahan	Kecepatan aliran izin (m/dt)
Pasir Halur	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau <i>alluvial</i>	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung keras/kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Beton-beton bertulang	1.50

(Sumber : Halim Hasmar, 2011)

Tabel 2.8 Nilai Koefisien Hambatan (nd)

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

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

Tabel 2.9 Koefisien Kekasaran Manning

Type Saluran	Kondisi		
	Baik	Cukup	Buruk
Saluran Buatan			
Saluran tanah, lurus beraturan	0,020	0,023	0,25
Saluran tanah, digali biasanya	0,028	0,030	0,025
Saluran batuan, tidak lurus dan tidak beraturan	0,040	0,045	0,045
Saluran batuan, lurus beraturan	0,030	0,035	0,035
Saluran batuan, vegetasi pada sisinya	0,030	0,035	0,040
Dasar tanah sisi batuan koral	0,030	0,030	0,040
Saluran berkelu-liku kecepatan rendah	0,025	0,028	0,035
Saluran Alam			
Bersih, lurus, tetapi tanpa pasir dan tanpa celah	0,028	0,030	0,033
Berliku, bersih, tetapi berpasir dan berlubang	0,035	0,040	0,045
Indem 3, tidak dalam, kurang beraturan	0,045	0,050	0,065
Aliran lambat, banyak tanaman dan lubang dalam	0,060	0,070	0,080
Tumbuh tinggi dan padat	0,100	0,125	0,150
Saluran Dilapisi			
Batu kosong tanpa adukan semen	0,030	0,033	0,035
Indem 1 dengan adukan semen	0,020	0,025	0,030
Lapisan beton sangat halus	0,011	0,012	0,013
Lapisan beton biasa dengan tulangan baja	0,14	0,014	0,015
Idem 4, tetapi tulangan kayu	0,16	0,016	0,018

(Sumber : Drainase Perkotaan Gunadarma : 1997)

Tabel 2.10 Kemiringan Saluran Berdasarkan Bahan Saluran

No	Bahan Saluran	Kemiringan (m)
1	Batuan/ Cerdas	~ 0
2	Tanah lumpur	0,25
3	Lempung keras/tanah	0,5 – 1,0
4	Tanah dengan pasangan	1
5	Batu	1,5
6	Lempung	2
7	Tanah berpasir lepas lumpur berlapis	3

(Sumber : Halim Hasmar, 2011)

2.11 Pengelolaan Proyek

2.11.1 Pengertian Proyek Konstruksi

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

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

2.11.2 Jenis – Jenis Proyek Konstruksi

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

- a) Bangunan Gedung : rumah, kantor, pabrik, dan lain-lain. Ciri-ciri dari bangunan ini adalah :

1. Proyek konstruksi menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal.

2. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang relative sempit dan kondisi pondasi umumnya sudah diketahui.
 3. Manajemen dibutuhkan, terutama *progressing* pekerjaan.
- b) Bangunan Sipil : Jalan, jembatan, bendungan, dan infrastruktur lainnya.
Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah :
1. Proyek konstruksi dilaksanakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi kepentingan manusia.
 2. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang luas atau Panjang dan kondisi pondasi sangat berbeda satu sama lain dalam suatu proyek.
 3. Manajemen dibutuhkan untuk memecahkan masalah.

(Evrianto, 2002)

2.11.3 Pihak – Pihak Yang Terlibat Dalam Proyek Konstruksi

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

a) Pemilik Proyek

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

Hak dan kewajiban pengguna jasa :

- Menunjuk penyedia jasa (Konsultan dan Kontraktor)
- Meminta laporan secara periodik mengenai pelaksanaan pekerjaan yang telah dilakukan oleh penyedia jasa.
- Memberikan fasilitas baik berupa sarana dan prasarana yang dibutuhkan oleh pihak penyedia jasa untuk kelancaran pekerjaan.
- Menyediakan lahan untuk tempat pelaksanaan pekerjaan.

- Menyediakan dana dan kemudian membayar mewujudkan kepada pihak penyedia jasa sejumlah biaya yang diperlukan mewujudkan sebuah bangunan.
- Ikut mengawasi jalannya pelaksanaan pekerjaan yang direncanakan dengan cara menempatkan atau menunjuk suatu badan atau orang untuk bertindak atas nama pemilik.
- Mengesahkan perubahan dalam pekerjaan (bila terjadi).
- Menerima dan mengesahkan pekerjaan yang telah selesai dilaksanakan oleh penyedia jasa jika produknya telah selesai dengan apa yang dikehendaki.

b) Konsultan

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

c) Konsultan Perencana

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

Hak dan kewajiban konsultan perencana adalah :

- Membuat perencanaan secara lengkap yang terdiri dari gambar rencana, rencana kerja dan syarat-syarat, hitung struktur, rencana anggaran biaya.
- Memberikan usulan serta pertimbangan kepada pengguna jasa dan pihak kontraktor tentang pelaksanaan pekerjaan.

- Memberikan jawaban dan penjelasan kepada kontraktor tentang hal-hal yang kurang jelas dalam gambar rencana, rencana kerja dan syarat-syarat.
- Membuat gambar revisi bila terjadi perubahan rencana.
- Menghadiri rapat koordinasi.

d) Konsultan Pengawas

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

Hal dan kewajiban konsultan pengawas adalah :

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

e) Kontraktor

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

Hak dan kewajiban kontraktor adalah :

- Melaksanakan pekerjaan sesuai gambar rencana, peraturan dan syarat-syarat, risalah penjelasan pekerjaan dan syarat-syarat tambahan yang telah ditetapkan oleh pengguna jasa.

- Membuat gambar-gambar pelaksanaan yang disahkan oleh konsultan pengawas sebagai wakil dari pengguna jasa.
- Menyediakan alat keselamatan kerja seperti yang diwajibkan dalam peraturan untuk menjaga keselamatan pekerja dan masyarakat.
- Membuat laporan hasil pekerjaan berupa laporan harian, mingguan dan bulanan.
- Menyerahkan seluruh atau Sebagian pekerjaan yang telah diselesaikan sesuai ketentuan yang berlaku.

2.11.4 Manajemen Proyek

Definisi manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu. (Evrianto, 2002)

2.11.5 Unsur – Unsur Pengelola Proyek Konstruksi

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

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

2.11.6 Dokumen Tender

Dokumen tender adalah suatu dokumen yang dibuat oleh konsultan perencana atas permintaan kerja. Dokumen tender akan memberi penjelasan kepada peserta lelang. System tender dilakukan oleh pemilik proyek untuk menjual pelaksanaan proyek tersebut agar dilakukan dengan harga yang serendah-rendahnya dan wajar dengan waktu yang sesingkat-singkatnya melalui system kompetisi dan system proyek tersebut dilakukan dengan kontrak. Dokumen tender penting untuk semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan suatu proyek, Adapun dokumen tender sebagai berikut :

a) Rencana Kerja dan Syarat (RKS)

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

1. Syarat – syarat umum

Berisi keterangan mengenai pekerjaan, pemberi tugas dan pengawas bangunan.

2. Syarat – syarat administrasi

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

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

b) Rencana Kerja

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

c) Rencana Lapangan

Rencana lapangan adalah suatu rencana peletakan bangunan-bangunan pembantu yang bersifat temporal yang diperlukan sebagai sarana pendukung untuk pelaksanaan pekerjaan. Oleh karena sifatnya yang temporal maka pada akhirnya bangunan ini harus dibongkar sehingga pemilihan jenis material disesuaikan dengan keadaan dan kondisi lokasi. Tujuan pembuatan rencana lapangan adalah mengatur letak bangunan-bangunan pembantu sedemikian rupa sehingga pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan dengan efisien, lancar, aman dan sesuai dengan rencana kerja yang disusun. (Evrianto, 2002)

d) Gambar Kerja

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

e) Rencana Anggaran Biaya

Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. Ketidaktepatan yang terjadi dalam penyediannya akan berakibat kurang baik pada pihak-pihak yang ada didalamnya. Sebagai dasar untuk membuat system pembiayaan dalam sebuah perusahaan, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Estimasi dapat diartikan peramalan kejadian pada masa akan datang. Dalam proyek konstruksi, khususnya pada tahap pelaksanaan, kontraktor hanya dapat memberikan urutan kegiatan, aspek pembiayaan, aspek kualitas dan aspek waktu dan kemudian memberi nilai pada masing-masing kejadian tersebut.

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

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

(Evrianto, 2002)

2.11.7 Penyusunan Anggaran Biaya Proyek

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

Tahap – tahap yang sebaiknya dilakukan untuk Menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut :

- a) Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
 - b) Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
 - c) Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan Analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran. Dalam tulisan ini digunakan perhitungan berdasarkan analisa BOW (*Burgelijke Openbare Werken*).
 - d) Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
 - e) Membuat rekapitulasi.
- (Evrianto, 2002)

2.11.8 Scheduling

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

Sering terjadi ketidaktepatan persepsi oleh pihak industry konstruksi antara “perencanaan” dan “penjadwalan”. Kedua kata tersebut sering disatukan dan digunakan untuk menyebut jabatan seorang dalam unit usaha “perencanaan dan penjadwalan”. Arti keduanya sangat berlainan meskipun tetap saling berkaitan. “penjadwalan” digunakan untuk menggambarkan “proses” dalam proyek konstruksi dan merupakan bagian dari “perencanaan”. (Evrianto, 2002)

2.11.9 Barcharts dan Kurva S

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (*bar charts*) atau *gant chart*. *Bar chart* digunakan secara luas dalam proyek

konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakaiannya.

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

- a) Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- b) Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan otem kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- c) Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan.

Kurva S adalah hasil plot dan barchart, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan – kegiatan yang masuk dalam jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Definisi lain, kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertical sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (*progress*) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu (Soeharto, 2997).. Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang di representasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh proyek (Evrianto, 2022)

2.11.10 Network Planning

Dalam manajemen konstruksi *network planning* atau metode jaringan kerja merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan menunjukkan susunan logis antar kegiatan, hubungan timbal balik antara pembiayaan dan waktu penyelesaian

proyek, dan berguna dalam merencanakan urutan kegiatan yang saling tergantung dihubungkan dengan waktu penyelesaian proyek yang diperlukan (Dipohusudo, 1996). Diagram yang terbentuk dari metode jaringan kerja menunjukkan hubungan preseden antar kegiatannya, diagram ini membantu penggunaan dalam mengerti alur kerja suatu proyek sehingga dapat berguna dalam perencanaan dan pengendalian pada penjadwalan. (Irika , 2013)

2.11.11 Harga Satuan Pekerjaan

Menurut Bachtiar Ibrahim didalam bukunya Rencana dan Estimate Real of Coast (1992), Harga satuan pekerjaan adalah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Analisis merupakan perumusan guna menetapkan harga dan upah masing-masing dalam bentuk satuan. Harga bahan didapatkan dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah tenaga kerja.

Analisis harga satuan pekerjaan merupakan nilai biaya material dan upah tenaga kerja untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan tertentu. Baik BOW maupun SNI masing-masing menetapkan koefisien/indeks pengali untuk material dan upah tenaga kerja per satu sauna pekerjaan. Harga bahan yang diperoleh di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga bahan. Setiap bahan atau material mempunyai jenis dan kualitas sendiri. Hal ini menjadi material tersebut beragam. Analisa harga satuan bahan merupakan proses perkalian antara indeks bahan dan harga bahan sehingga diperoleh nilai harga satuan bahan sehingga didapatkan perumusan sebagai berikut :

- a) Upah : harga satuan upah \times koefisien (analisis upah)
- b) Bahan : harga satuan bahan \times koefisien (analisa bahan)
- c) Alat : harga satuan alat \times koefisin (analisa alat)

Maka di dapat :

Harga satuan pekerjaan = Upah + Bahan + Peralatan2.28