

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

2.1.1 Pengertian Drainase

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu.

Sedangkan drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang meng-khususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi Lingkungan Fisik dan Lingkungan Sosial Budaya yang ada di kawasan kota tersebut.

Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi : Pemukiman, kawasan industri & perdagangan, sekolah, rumah sakit, & fasilitas umum lainnya, lapangan olah raga, lapangan parkir, instalasi militer, instalasi listrik, & telekomunikasi, pelabuhan udara, pelabuhan laut/sungai serta tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota.

Dengan demikian Kriteria Desain drainase memiliki ke-khusukan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variabel design seperti : keterkaitan dengan tata guna lahan, ketertarikan, dengan master plan drainase kota, keterkaitan dengan masalah sosial budaya (kurangnya kesadaran masyarakat dalam ikut memelihara fungsi drainase kota) dan lain-lain.

(sumber : *Drainase Perkotaan, Penerbit Gunadarma, 3*)

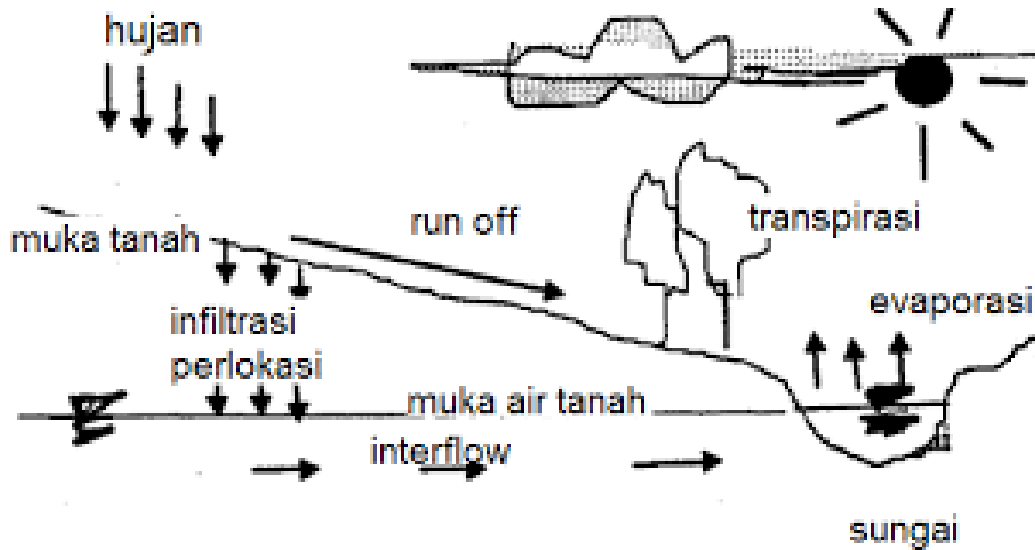
2.1.2 Jenis-Jenis Drainase

1. Menurut sejarah terbentuknya

a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase yang terbentuk secara alami dan terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu bata/beton, gorong-gorong, dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh goresan air yang bergerak gravitasi yang

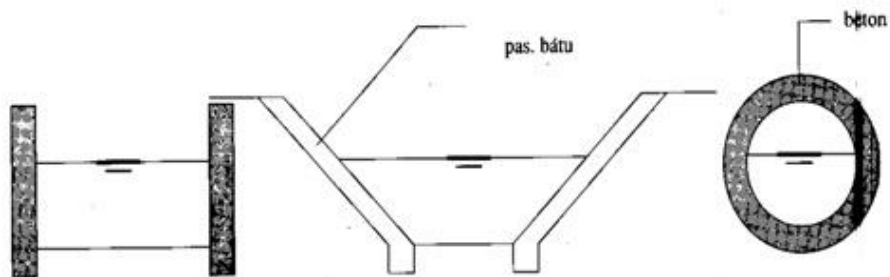
lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.



Gambar 2.1 Drainase alamiah pada selules air

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.



Gambar 2.2 Drainase Buatan

2. Menurut Letak Bangunan

a. Drainase Permukaan Tanah(*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open chanel flow.

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

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

3. Menurut Fungsinya

a. *Single Purpose*

Yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan suatu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau air buangan lain seperti limbah domestik air atau limbah industri, dan lain-lain.

b. *Multi Purpose*

Yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air baik secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut Konstruksi

a. Saluran Terbuka

Yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan.

b. Saluran Tertutup

Yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

(sumber : *Drainase Perkotaan, Penerbit Gunadarma, 3*)

2.1.3 Pola Jaringan Drainase

a. Siku

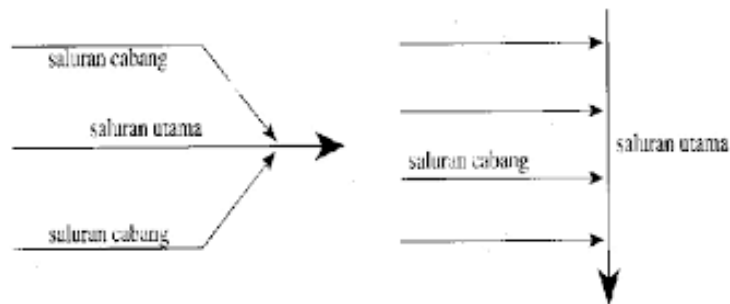
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota.



Gambar 2.3 Pola Siku

b. Paralel

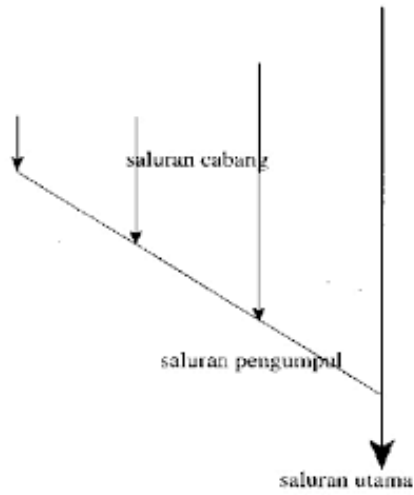
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri .



Gambar 2.4 Pola Paralel

c. Grid Iron

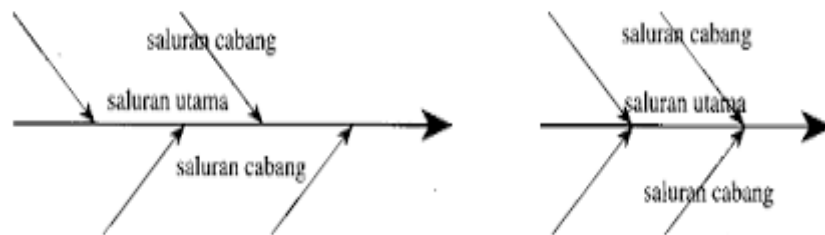
Untuk daerah dimana sungai terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.5 Pola Grid Iron

d. Alamiah

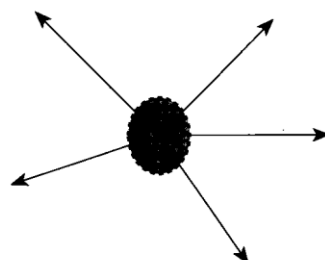
Pola ini sama seperti siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.6 Pola Alamiah

e. Radial

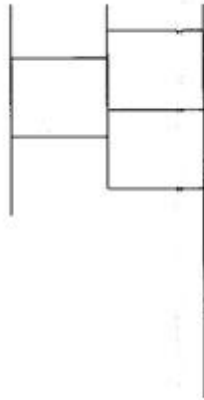
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.7 Pola Radial

f. Jaring-jaring

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



Gambar 2.8 Pola Jaring-jaring

(sumber : *Drainase Perkotaan, Penerbit Gunadarma, 6*)

2.2 Kolam Retensi/Penampungan (*Retention Basin*)

Seperti halnya bendungan, kolam penampung (*retention basin*) berfungsi untuk menyimpan sementara debit sungai sehingga puncak banjir dapat dikurangi, *retention* berarti penyimpanan. Tingkat pengurangan banjir tergantung pada karakteristik hidrograf banjir, volume kolam dan dinamika beberapa bangunan *outlet*. Wilayah yang digunakan untuk kolam penampungan biasanya di daerah daratan rendah atau rawa. Dengan perencanaan dan pelaksana

an tata guna lahan yang baik, kolam penampungan dapat digunakan untuk pertanian. Untuk strategi pengendalian yang andal diperlukan :

- Pengontrolan yang memadai untuk menjamin ketepatan peramalan banjir.
- Peramalan banjir yang andal dan tepat waktu untuk perlindungan atau evakuasi.
- Sistem drainase yang baik untuk mengosongkan air dari daerah tampungan secepatnya setelah banjir reda.

Dengan manajemen yang tepat, penanggulangan sementara dapat berakibat positif dari segi pertanian, seperti berikut ini :

- Melunakan tanah
- Mencuci tanah dari unsur racun
- Mengendalikan lumpur yang kaya akan unsur hara

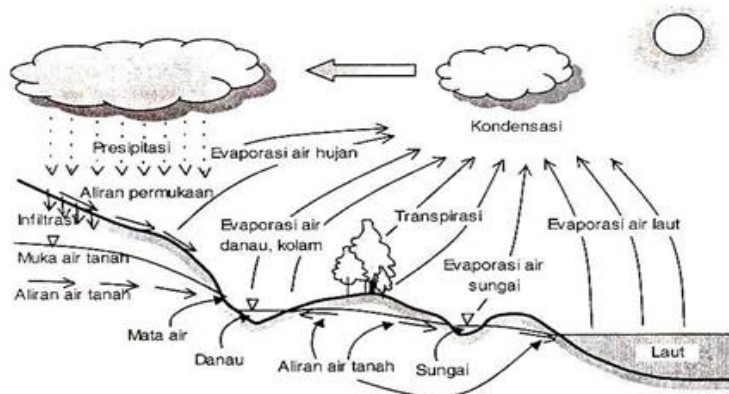
Selain *Retention basin* ada juga *Detention basin* dan *retarding basin*. Perbedaannya adalah sebagai berikut :

- *Retention basin* berarti menyimpan air dari suatu cekungan dan dibiarkan sampai airnya habis karena infiltrasi atau penguapan sering disebut *wet pond*.
- *Detention basin* adalah menyimpan air di suatu cekungan saat banjir lalu setelah hujan reda air dialirkan ke sungai sering disebut *dry pond*.
- *Retarding basin* adalah menyimpan air saat banjir dan lebih dominan penundaan (*delay*) air masuk ke sungai. Sehingga pada waktu hujan banjir sungai bisa berkurang karena dibantu dengan *retarding basin*.

(sumber : Robert J. Kodoatei, 2013, 174)

2.3 Siklus Hidrologi

Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi relatif tetap dari masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung terus-menerus dimana kita tidak tahu kapan dari mana berawalanya dan kapan pula akan berakhir. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (*hydrologic cycle*).



Gambar 2.9 Siklus Hidrologi

Air menguap dari permukaan samudra akibat energi panas matahari. Laju dan jumlah penguapan bervariasi, terbesar terjadi di dekat equator, di mana radiasi matahari lebih kuat. Uap air adalah murni, karena pada waktu dibawa naik ke atmosfer kandungan garam ditinggalkan. Uap air yang dihasilkan dibawa udara yang bergerak. Dalam kondisi yang memungkinkan. Uap tersebut mengalami kondensasi dan membentuk butir-butir air yang akan jatuh kembali sebagai presipitasi berupa hujan dan / atau salju. Presipitasi ada yang jatuh di samudera, di darat, dan sebagian langsung menguap kembali sebelum mencapai ke permukaan bumi.

Presipitasi yang jatuh di permukaan bumi menyebar ke berbagai arah dengan beberapa cara. Sebagian akan tertahan sementara di permukaan bumi sebagai es atau salju, atau genangan air, yang dikenal dengan simpanan depresi. Sebagai air hujan atau lelehan salju akan mengalir ke saluran atau sungai. Hal ini disebut aliran/limpasan permukaan. Jika permukaan tanah porous, maka sebagian air akan meresap ke dalam tanah melalui peristiwa yang disebut infiltrasi. Sebagian lagi akan kembali ke atmosfer melalui penguapan dan transpirasi oleh tanaman (evapotranspirasi).

Di bawah permukaan tanah, pori-pori tanah berisi air dan udara. Daerah ini dikenal sebagai zona kapiler (*vadoze zone*), atau zona aerasi. Air yang tersimpan di zona ini disebut kelengasan tanah (*soil moisture*), atau air kapiler. Pada kondisi tertentu air dapat mengalir secara lateral pada zona kapiler, proses ini disebut *interflow*. Uap air dalam zona kapiler dapat juga kembali ke permukaan tanah, kemudian menguap.

Kelebihan kelengasan tanah akan ditarik masuk oleh gravitasi dan proses ini disebut drainase gravitasi. Pada kedalaman tertentu, pori-pori tanah atau batuan akan jenuh air. Batas atas zona jenuh air disebut muka air tanah (*water table*). Air yang tersimpan dalam zona jenuh air disebut air tanah. Air tanah ini bergerak sebagai aliran air tanah melalui batuan atau lapisan tanah sampai akhirnya keluar ke permukaan sebagai sumber air (*spring*) atau sebagai rembesan ke danau, waduk, sungai, atau laut.

Air yang mengalir dalam saluran atau sungai dapat berasal dari aliran permukaan atau dari air tanah yang merembes di dasar sungai. Kontribusi air tanah pada aliran sungai disebut debit (*runoff*). Air yang tersimpan di waduk, danau, dan sungai disebut air permukaan (*surface water*).

Dalam kaitannya dengan perencanaan drainase, komponen dalam siklus hidrologi yang terpenting adalah aliran permukaan. Oleh karena itu, komponen inilah yang ditangani secara baik untuk menghindari berbagai bencana, khususnya bencana banjir.

(sumber: Dr. Suripin, M.Eng, 2004, 20)

2.4 Parameter Hidrologi

2.4.1 Analisis Frekuensi

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

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak tergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya kala-ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Misalnya, hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian hujan 10 tahunan. Ada kemungkinan selama kurun waktu 10 tahun terjadi hujan 10-tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali.

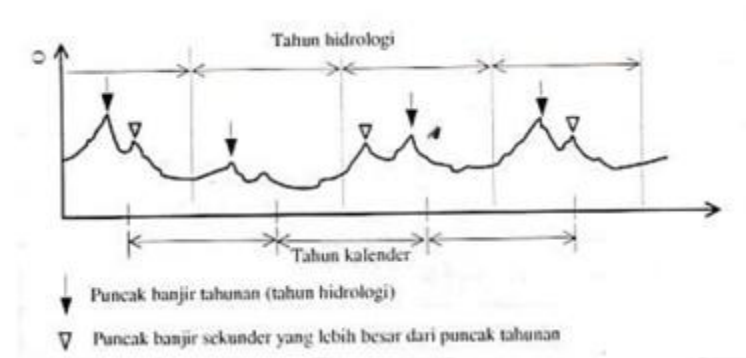
Analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan

pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Ada dua macam seri data yang dipergunakan dalam analisis frekuensi , yaitu :

1. Data maksimum tahunan

Tiap tahun diambil hanya satu besaran maksimum yang dianggap berpengaruh pada analisis selanjutnya. Seri data seperti ini dikenal dengan seri data maksimum (*maximum annual size*). Jumlah data dalam seri akan sama dengan panjang data yang tersedia. Dalam cara ini, besaran data maksimum kedua dalam satu tahun yang mungkin lebih besar dari besaran data maksimum dalam tahun yang lain tidak diperhitungkan pengaruhnya dalam analisis. Hal ini oleh beberapa pihak dianggap kurang realistis, apalagi jika diingat bahwa perhitungan permulaan tahun hidrologi tidak selalu seragam, ada yang berdasar musim ada pula yang mengikuti kalender masehi. Oleh karena itu, beberapa ahli menyarankan menggunakan cara seri parsial.



Gambar 2.10 Kejadian-kejadian banjir seri durasi parsial dan durasi tahunan

2. 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 dari seri data untuk kemudian dianalisis seperti biasa. Pengambilan batas wilayah dapat dilakukan dengan sistem peringkat, dimana semua besaran data yang cukup besar diambil dari besaran data yang paling

besar. Dalam hal ini dimungkinkan dalam satu tahun data yang diambil lebih dari satu data, sementara tahun yang lain tidak ada data yang diambil.

Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpangan yang terjadi.

(sumber: Dr. Suripin, M.Eng, 2004, 32)

2.4.2 Distribusi Gumbel

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

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

Jika diambil $Y = a(X-b)$, dengan Y disebut reduce varied, maka persamaannya dapat ditulis

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

Dimana :

e = bilangan alam = 2,7182818...

apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), maka persamaan dapat didekati dengan persamaan :

$$X = \bar{X} + sK \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

\bar{X} = harga rata-rata sampel

S = standar deviasi (simpangan baku) sampel

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$K = \frac{Y_{T_r} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Y_n = reduce mean yang tergantung jumlah sampel/data n

S_n = reduce standar deviation yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n

Y_{T_r} = reduce variate, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini

$$Y_{T_r} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \dots \dots \dots (2.5)$$

(Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004, 50)

Tabel 2.1 Reduced Mean, Yn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,4493	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004, 51)

Tabel 2.2 Redused Standar Deviasi, Sn

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	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004, 52)

Tabel 2.3 Reduced variate, Ytr sebagai fungsi periode ulang

Periode Ulang Tr (tahun)	Reduced variate, Ytr	Periode Ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Ytr
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	2,5206
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 : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, , 2004, 52)

2.4.3 Distribusi Log Person III

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

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

Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan Person yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log-Person Type III(LP.III). Tiga parameter penting dalam L.P.III, yaitu (i) harga rata-rata; (ii) simpangan baku; dan (iii) koefisien kemencengan. Yang menarik, jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

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

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

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots(2.6)$$

- Hitung harga simpangan baku :

$$s = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2.7)$$

- Hitung koefisien kemencengan :

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots(2.8)$$

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

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

K = variabel standar (standardized variable)

G = koefisien kemencengan

(Sumber : Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004, 41)

Tabel 2.4 Nilai K untuk distribusi Log-Pearson III

Interval Kejadian (Recurrence interval), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef. G	Persentase peluang terlampaui (Percent chance of being exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,254	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,97	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	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
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,78	1,336	2,998	2,453	2,891

Interval Kejadian (Recurrence interval), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef. G	Persentase peluang terlampaui (Percent chance of being exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
0,6	-1,880	-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	2,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,83	1,301	2,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,85	1,285	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,885	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,72	1,88
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089
-2,0	-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	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber :Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004, 43)

2.5 Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Hujan Kawasan (Daerah Tangkapan Air = DTA)

Data hujan yang diperoleh dari penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat

penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam atau disekitar kawasan tersebut. Ada tiga macam cara umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan :

1. Rata-rata aljabar,
2. Poligon Thiessen, dan
3. Isohyet.

1. Rata-rata Aljabar

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

$$P = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots\dots\dots(2.10)$$

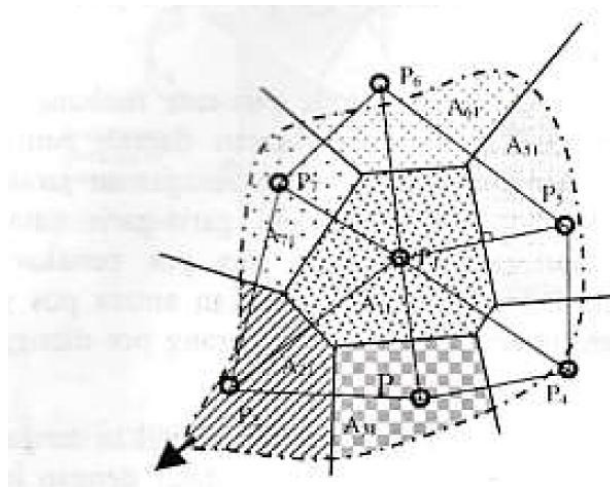
Dimana :

P_1, P_2, \dots, P_n = curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan

1, 2, ..., n = banyaknya pos penakar hujan

2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos satu dengan lainnya adalah linear dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat.



Gambar 2.11 Metode Poligon Thiessen

Hasil metode Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 - 5.000 km², dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

$$P = \frac{P_A A_1 + P_B A_2 + P_C A_3 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ = curah hujan yang tercatat di pos 1, 2, ..., n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas areal poligon 1, 2, ..., n

n = banyaknya pos penakar hujan

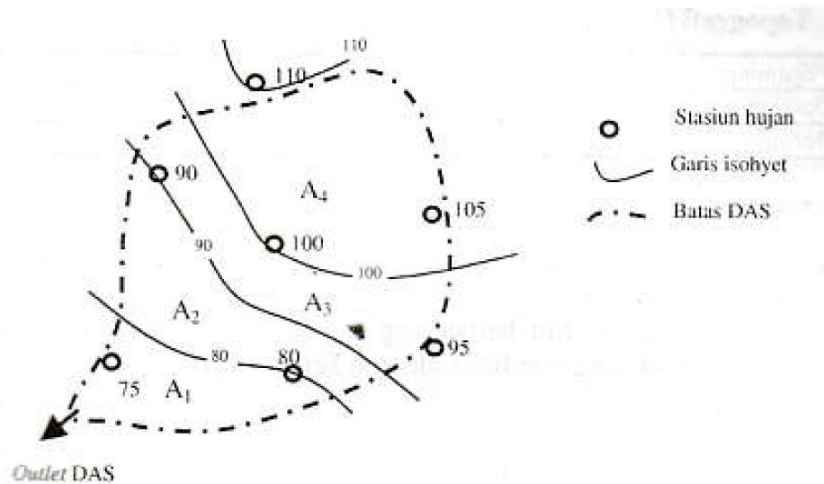
3. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang membabi buta yang menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi.

Metode isohyet' terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

- Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
- Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10mm.

- Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.



Gambar 2.12 Metode Isohyet

Hitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{A_1\left(\frac{P_1A_1}{2}\right) + A_2\left(\frac{P_2A_2}{2}\right) + A_3\left(\frac{P_3A_3}{2}\right) + \dots + A_n\left(\frac{P_nA_n}{2}\right)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Atau

$$P = \frac{\sum\left[A\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right)\right]}{\sum A} \dots\dots\dots(2.13)$$

Metode isohyet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km².

(Dr.Ir. Suripin, M.Eng, 2004, 26)

2.6 Waktu Konsentrasi (T_c)

- Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air simultan (runoff) setelah melewati titik-titik tertentu.
- Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus di bawah ini. Sedangkan untuk saluran tertutup dapat menggunakan grafik.

$$t_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots(2.14)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{is}}\right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$t_2 = L/60V \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana :

t_c = waktu konsentrasi(menit)

t_1 = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2 = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

L_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien kehambatan

iS = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.5 koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan

No.	Kondisi lapis permukaan	Nd
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 dan hutan gundul rapat dengan hampan rumput jarang sampai rapat	0,800

(sumber : *Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Dinas PU, 10*)

2.7 Intensitas Hujan

Data curah hujan dalam satu waktu tertentu (beberapa menit) yang tercatat pada alat otomatis dapat dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam.

Umpamanya untuk merubah hujan 5 menit menjadi intensitas curah hujan per jam, maka curah hujan ini harus dikalikan dengan 60/5. Demikian pula untuk hujan 10 menit dikalikan dengan 60/10.

Merurut Dr. Mononobe intensitas hujan (I) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \text{ mm/jam} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana :

R = Curah hujan rancangan setempat dalam (mm)

t_c = Lama waktu konsentrasi dalam jam

I = Iintensitas Hujan dalam (mm/jam)

(Sumber : Drainase Perkotaan, Penerbit Gunadarma, 20)

2.8 Debit

2.8.1 Debit Limpasan

- a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah.

Tabel 2.6 Harga koefisien pengaliran (C) dan harga faktor limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	C	Faktor limpasan (fk)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70-0,95	-
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40-0,70	-
3	Bahu jalan :		-
	- anah berbutir halus	0,40-0,55	-
	- anah berbutir kasar	0,10-0,20	-
	- atuan masih keras	0,70-0,85	-
	- atuan masih lunak	0,60-0,75	-

No	Kondisi Permukaan Tanah	C	Faktor limpasan (fk)
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70-0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60-0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60-0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40-0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40-0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20-0,40	0,2
7	Persawahan	0,45-0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70-0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75-0,90	0,3

(sumber : Pedoman Bangunan dan konstruksi, Dinas PU, 9)

Keterangan :

- Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.
 - Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan.
- b. Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda. Harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{C_1A_1+C_2A_2+C_3A_3fk_3}{A_1+A_2+A_3} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan pengertian :

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

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

fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

(sumber : Pedoman Bangunan dan konstruksi, Dinas PU, 8)

2.8.2 Debit Air Kotor(Limbah)

Aliran air akan menangkap/mengikat oksigen dari udara yang akan bermanfaat dalam penguraian zat-zat organik dalam proses oksidasi (proses aerobik). Tetapi kemampuan ini sangat terbatas, sehingga tidak dibenarkan membuang limbah khususnya yang bersifat B3 (bahan beracun dan berbahaya) dan atau limbah padat/sampah yang sukar terurai dan mengganggu kelancaran aliran.

Ada dua jenis limbah yang memasuki/terbawa aliran yaitu :

- Limbah padat yang terdiri dari limbah organik yang akan dapat mengalami dekomposisi/penguraian seperti daun, bangkai binatang.
- Limbah padat anorganik yang sukar/tidak dapat terurai seperti logam, kaca hasil industri seperti plastik.

Limbah ini dapat berasal dari

- a. Limbah proses industri yang sangat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan masyarakat. berupa debu dari asap cerobong pabrik dari pembakaran bahan bakar fosil dan limbah cair dari hasil produksi hasil pencucian bahan dan lain lain
- b. Limbah rumah tangga serta yang dihasilkan oleh aktivitas kehidupan lainnya seperti limbah pasar, restoran, usaha cuci mobil dan bengkel, usaha pencucian pakaian, limbah padatan asap mesin-mesin kendaraan dan lain-lain
- c. Limbah padat berupa sampah-sampah rumah tangga, pasar, guguran daun pohon-pohon perindang kota sisa bahan baku dan kemasan industri.

Kalau jenis-jenis limbah di atas masuk ke dalam sistem drainase secara berlebihan proses aerobik akan tidak dapat berjalan dengan baik karena oksigen yang terikat oleh air tidak akan mencukupi bahkan pengikatan oksigen akan sangat terhambat. Banyaknya limbah yang masuk ke dalam saluran-saluran drainase disebabkan oleh perlakuan masyarakat yang menganggap sistem drainase dan sungai-sungai sebagai tempat pembuangan sampah.

Limbah terutama limbah padat akan sangat mengganggu kecepatan aliran bahkan menyumbat alur-alur dan menghambat penyerapan oksigen dan menghambat proses aerobik. Terjadi dekomposisi oleh bakteri-bakteri anaerobik

tanpa bantuan oksigen. Proses anaerobik ini akan menimbulkan pencemaran lain yaitu dihasilkannya zat yang beracun bagi kehidupan akuatik dan manusia seperti nitrit, sulfat serta gas-gas berbau busuk yang sangat mengganggu seperti sulfur dioksida, amoniak.

Kehidupan akuatik di dalam air akan terhambat dan bahkan musnah, sumur-sumur tercemar oleh rembesan air kotor tersebut, serta meningkatnya penyebaran penyakit yang terbawa air (water borne disease seperti kolera, disentri, muntaber, gatal serta malaria dan demam dengue)..

Karenanya fungsi kedua (2) mengangkut limbah harus disikapi dengan bijaksana bahwa sistem drainase sesungguhnya bukan tempat pembuangan sampah. Limbah cair yang terpaksa dialirkan ke dalam sistem drainase harus terlebih dulu dilewatkan melalui suatu instalasi pengolah air limbah (IPAL) untuk menurunkan kandungan zat-zat pencemar agar dapat mencapai kadar di bawah ambang batas maksimum sebelum dialirkan/dibuang ke dalam perairan bebas.

(sumber : H.R. Mulyanto, 2013, 3)

2.8.3 Debit Kumulatif

Debit kumulatif adalah debit total yang didapat dari penjumlahan debit limpasan dan debit air kotor

Debit kumulatif = Debit Limpasan + Debit Air kotor.....(2.19)

2.9 Analisa Saluran

2.9.1 Bentuk-bentuk Saluran

Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak terlampau jauh berbeda dengan saluran air irigasi pada umumnya.

Dalam perencanaan dimensi saluran harus diusahakan dapat memperoleh dimensi tumpang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yang terlalu kecil, tingkat kerugian akan besar.

Bentuk saluran drainase terdiri dari :

1. Bentuk trapesium
2. Bentuk empat persegi panjang
3. Bentuk lingkaran, parabola, dan bulat telur
4. Bentuk tersusun

Tabel 2.7 Koefisien Pengaliran (C)

Type Daerah Aliran	Harga C
- Perumputan :	
1. Tanah pasir, datar 2%	0,05 – 0,10
2. Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10 – 0,15
3. Tanah pasir, curam 7%	0,15 – 0,20
4. Tanah gemuk datar, 2%	0,13 – 0,17
5. Tanah gemuk, rata-rata 2-7%	0,18 – 0,22
6. Tanah gemuk, curam 7%	0,25 – 0,35
- Busines	
1.	0,75 – 0,95
aerah kota lama	0,50 – 0,70
2.	
aerah pinggiran	0,30 – 0,50
- Perumahan	0,40 – 0,60
1. Daerah “single family”	0,60 – 0,75
2. “Multi units” terpisah-pisah	0,25 – 0,40
3. “multi unit” tertutup	0,50 – 0,70
4. “suburan”	
5. Daerah rumah-rumah apartemen	
- Industri	0,50 – 0,80
1. Daerah ringan	0,60 – 0,90
2. Daerah berat	0,10 – 0,25
- Pertamanan, kuburan	0,20 – 0,35
- Tempat bermain	0,20 – 0,40
- Halaman kereta api	0,10 – 0,30
- Daerah yang tidak dikerjakan	
- Jalan	
1. Beraspal	0,70 – 0,95
2. Beton	0,80 – 0,95
3. Batu	0,70 – 0,85
- Untuk berjalan dan naik kuda	0,75 – 0,85
- Atap	0,75 – 0,95

(sumber : *Drainase Perkotaan*, Penerbit Gunadarma, 75)

Efektifitas penggunaan dari berbagai bentuk tampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sbb:

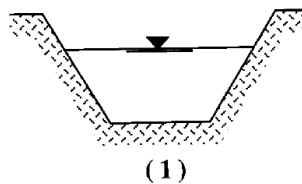
1. Bentuk trapesium

Saluran drainase bentuk trapesium pada umumnya saluran dari tanah. Tapi dimungkinkan juga bentuk ini dari pasangan. Saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

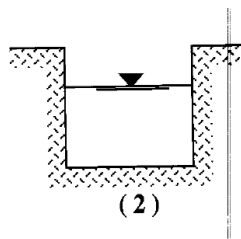
2. Bentuk empat persegi panjang

Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus dari pasangan ataupun beton.

Bentuk saluran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga, maupun air irigasi.



Gambar 2.13 Saluran bentuk trapesium



Gambar 2.14 Saluran bentuk empat persegi panjang

3. Bentuk lingkaran, parabol, dan bulat telur

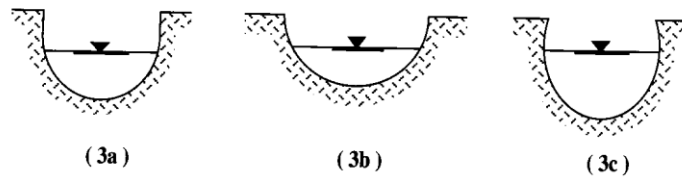
Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangan dan pipa beton. Dengan bentuk dasar saluran yang bulat memudahkan pengangkutan bahan endapan/limbah.

Bentuk saluran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga, maupun air irigasi.

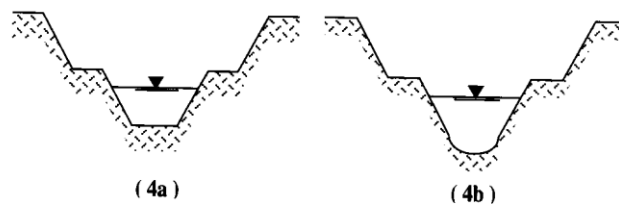
4. Bentuk tersusun

Saluran bentuk tersusun dapat berupa saluran dari tanah maupun dari pasangan.

Tampang saluran yang bawah berfungsi mengalirkan air rumah tangga pada kondisi tidak ada hujan, apabila terjadi hujan maka kelebihan air dapat ditampung pada saluran bagian atas. Tampang saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan dapat digunakan untuk saluran air hujan, saluran air rumah tangga ataupun saluran irigasi.



Gambar 2.15 Saluran bentuk lingkaran, parabol, dan bulat telur



Gambar 2.16 Saluran bentuk tersusun

(sumber : Drainase Perkotaan, Penerbit Gunadarma, 74)

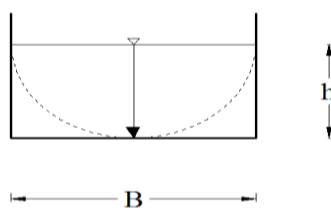
2.9.2 Dimensi Drainase

Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan kedalaman air h (Gambar 2.16), luas penampang basah, A, dan keliling basah, P, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$A = Bh \dots\dots\dots 2.20$$

atau

$$B = A/h \dots\dots\dots 2.21$$



Gambar 2.17 Penampang Persegi Panjang

$$P = B + 2h \dots\dots\dots 2.22$$

Substisusi persamaan (2.21) ke dalam persamaan (2.22), maka diperoleh persamaan :

$$P = \frac{A}{h} + 2h \dots\dots\dots 2.23$$

Dengan asumsi luas penampang, A, adalah konstan, maka persamaan (2.23) dapat dideferensialkan terhadap h dan dibuat sama dengan nol untuk memperoleh harga P minimum.

$$\frac{dP}{dh} = \frac{A}{h^2} + 2 = 0 \dots\dots\dots 2.24$$

$$A = 2h^2 = Bh \dots\dots\dots 2.25$$

atau

$$B = 2h \text{ atau } h = \frac{B}{2} \dots\dots\dots 2.26$$

Jari-jari hidraulik

$$R = \frac{A}{h^2} = \frac{Bh}{B+2h} \dots\dots\dots 2.27$$

atau

$$R = \frac{2h^2}{2h+2h} = \frac{h}{2} \dots\dots\dots 2.28$$

Perhatikan, bentuk penampang melintang persegi yang paling ekonomis adalah jika kedalaman air setengah dari lebar dasar saluran, atau jari-jari hidrauliknya setengah dari kedalaman air.

(sumber : Dr. Ir. Suripin, M.Eng, 2004, 147)

2.9.3 Volume Kolam Retensi

Pada kondisi minimum ini, pembuangan hanya dapat dilakukan apabila elevasi muka air minimum 0,30 m di atas elevasi air pasang terendah, yang hanya terjadi kira-kira 6 jam per hari, harus tersedia volume simpan di atas muka air normal di dalam saluran drainase induk.

Apabila evakuasi tertunda selama 18 jam, harus disediakan penampungan maksimum sebesar volume itu di dalam saluran drainase induk dan/atau sebuah waduk penyangga atau kolam penyangga/retention basin/buffer storage yang dibuat untuk keperluan itu. Evaluasi air di dalamnya maksimum setinggi 0,80 m.

Volume retensi total diperlukan = $34,56.18.60.60 \text{ m}^3 = 995.000 \text{ m}^3$. Terdiri dari :

1. Ruang di dalam alur drainase induk yang tersedia untuk fluktuasi di atas elevasi air normal : $0,80.20.10.000 = 160000 \text{ m}^3$
2. Volume kolam retensi sebesar $(995.000-160.000) \text{ m}^3 = 835.000 \text{ m}^3$ diperlukan storage seluas $835.000/0,8 \text{ m}^2 = 1043.000 \text{ m}^2$ dibulatkan 100 ha, atau sekitar 1.00% dari total areal sistem drainase.
3. Surutan muka air yang akan terjadi pada saat pembuangan adalah maksimum 0,8 m atau 0,8 m dalam 6 jam = 0,13 m/jam.

(sumber : H.R. Mulyanto, 2013, 55)

2.10 Evaporasi dengan Metode Transfer Massa

Pada tahun 1802, Jhon Dalton mengusulkan persamaan difusi untuk evaporasi, yaang dikenal dengan hukum Dalton, di mana evaporasi sebanding dengan perbedaan antara tekanan uap jenuh dan tekanan uap karena kelembaban udara.

$$E = C f(u)(e_s - e_d) \dots\dots\dots 2.29$$

Dengan:

E = evaporasi

C = koefisien

F(u) = fungsi kecepatan angin

u = kecepatan angin pada jarak 2 m di atas permukaan air (m/d)

e_s = tekanan uap jenuh (mm Hg)

e_d = tekanan uap udara (mm Hg)

(sumber : Bambang Triatmodjo, 2008, 71)

2.10.1 Kelembaban Udara

Selama terjadinya penguapan, uap air bergabung dengan udara di atas permukaan air, sehingga udara mengandung uap air. Udara lembab merupakan campuran dari udara kering dan uap air. Banyaknya uap air yang terkandung dalam udara dapat dinyatakan dalam beberapa cara yaitu kelembaban mutlak, kelembaban spesifik, dan kelembaban relatif. Kelembaban mutlak adalah berat

uap air di dalam 1 m³ udara lembab, dinyatakan dengan gram/ m³. Kelembabab spesifik adalah berat uap air yang terdapat dalam 1 kg udara lembab, yang dinyatakan dalam gram/kg. Kelembaban relatif adalah perbandingan antara tekanan uap air dan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama, dan dinyatakan dalam persen. Dari ketiga cara tersebut, kelembaban relatif adalah yang paling banyak digunakan.

Kelembaban relatif dinyatakan dalam bentuk :

$$r = \frac{e_d}{e_s} \times 100\% \dots\dots\dots 2.30$$

Dengan:

e_d = tekanan uap air, yaitu tekanan yang disebabkan oleh uap air yang terdapat di udara

e_s = tekanan uap air jenuh

Tekanan uap air dinyatakan dalam milimeter kolom air raksa (mm Hg), milibarometer(mm bar), atau pascal, Pa (N/m²).

Di atas permukaan air tekanan uap air jenuh tergantung pada temperatur, yang dapat diperkirakan dengan rumus berikut :

$$e_s = 611 \exp\left(\frac{17,27T}{237,3+T}\right) \dots\dots\dots 2.31$$

Dengan :

e_s = tekanan uap air jenuh (Pa)

T = temperatur (°C)

Tabel 2.7 memberikan tekanan uap jenuh untuk berbagai temperatur udara yang dinyatakan dalam mm Hg, mm bar, dan Pa.

Tabel 2.7 Tekanan Uap Air Jenuh e_s

Suhu (°C)	Tekanan Uap Air Jenuh e_s		
	Mm Hg	Mm bar	Pa
10	9,20	12,27	1228
11	9,84	13,12	1313
12	10,52	14,02	1403
13	11,23	14,97	1498
14	11,98	15,97	1599

Suhu (°C)	Tekanan Uap Air Jenuh e_s		
	Mm Hg	Mm bar	Pa
15	12,78	17,04	1706
16	13,63	18,17	1819
17	14,53	19,37	1938
18	15,46	20,61	2065
19	16,46	21,94	2198
20	17,53	23,37	2339
21	18,65	24,86	2488
22	19,82	26,42	2645
23	21,05	28,06	2810
24	22,27	29,69	2985
25	23,75	31,66	3169
26	25,31	33,74	3363
27	26,74	35,65	3567
28	28,32	37,76	3781
29	30,03	40,03	4007
30	31,82	42,42	4244
31	33,70	44,93	4494
32	35,66	47,54	4756
33	37,73	50,30	5032
34	39,90	53,19	5321
35	42,18	56,23	5625

(sumber : Bambang Triatmodjo, 2008, 55)

2.11 Pengelolaan Proyek

2.11.1 Rencana Anggaran Biaya(RAB)

Rencana anggaran biaya adalah suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek.

Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Adapun langkah-langkah untuk menghitung rencana anggaran biaya (RAB), yaitu:

a. Persiapan dan pengecekan gambar kerja

Gambar kerja adalah dasar untuk menentukan pekerjaan apa saja yang ada dalam komponen bangunan yang akan dikerjakan. Dari gambar akan didapatkan ukuran, bentuk dan spesifikasi pekerjaan. Pastikan gambar yang mengandung semua ukuran dan spesifikasi material yang akan digunakan untuk mempermudah perhitungan volume pekerjaan. Dalam tahap persiapan ini perlu juga dilakukan pengecekan harga-harga material dan upah yang ada disekitar atau lokasi paling dekat dengan tempat beangunan yang akan dikerjakan.

b. Perhitungan volume

Langkah awal untuk menghitung volume pekerjaan, yang perlu dilakukan adalah mengurutkan semua item dan komponen pekerjaan yang akan dilaksanakan sesuai dengan gambar kerja yang ada.

c. Membuat harga satuan pekerjaan

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, yang perlu dipersiapka adalah indeks koefisien analisa pekerjaan, harga material atau bahan sesuai satuan dan harga upah kerja per-hari termasuk mandor, kepala tukang, tukang dan pekerja.

d. Perhitungan jumlah biaya pekerjaan

Setelah didapatkan volume dan harga satuan pekerjaan, kemudian kita tinggal mengalikannya sehingga didapat harga biaya pekerjaan dari masing-masing item pekerjaan.

e. Rekapitulasi

Rekapitulasi adalah jumlah masing-masing sub item pekerjaan dan kemudian ditotalkan sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan. Dalam rekapitulasi ini bila mana diperlukan juga ditambahkan biaya *overhead* dan biaya pajak.

2.11.2 Network Planning

Nerwork planning/penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dalam mana 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.

(sumber: Materi Bidang Drainase I, Kementrian PU)

2.11.3 Barchart

Barchart atau diagram balok adalah jadwal yang paling banyak digunakan karena mudah dibuat dan dimengerti oleh pembacanya, diagram balok ini dikembangkan Henry L Gantt sekitar awal abad 19. Karena pembuatan dan penampilan informasinya sederhana dan hanya menyampaikan dimensi waktu dari masing-masing kegiatannya, maka barchart lebih tepat menjadi alat komunikasi untuk menggambarkan kemajuan pelaksanaan proyek kepada manajemen senior. *Barchart* tidak menginformasikan ketergantungan antar kegiatan dan tidak mengindikasikan kegiatan mana saja yang berada dalam lintasan kritisnya.

(sumber: Materi Bidang Drainase I, Kementrian PU)

2.11.4 Kurva S

Kurva S dikembangkan oleh Jenderal Warren Hannum, perwira Zeni dari Amerika Serikat, atas pengamatan proyeknya sampai selesainya proyek yang bersangkutan. Kurva S atau Hannum Curve digunakan sebagai :

- a. Pengarahan penilaian atas progress pekerjaan
- b. Pada permulaan menunjukkan progress yang sangat kecil. Maka rencana juga harus realistis sesuai dengan kemampuan dan kondisi persiapan pekerjaan.
- c. Sangat membantu perencanaan proyek. Suatu proyek umumnya dimulai dengan rencana program yang cukup kecil lalu meningkat pada beberapa waktu kemudian. Dengan demikian beberapa pekerjaan merupakan “*peak load*” yang harus dilaksanakan secara serentak. Kurva S berguna memberikan indikasi dan koreksi pertama pada jadwal yang kita buat.

Kurva S adalah suatu kurve yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya atau jam-orang (*man hours*) yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian

pada kurve-S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek. Dengan membandingkan kurve tersebut dengan kurve serupa yang disusun berdasarkan perencanaan, maka akan segera terlihat dengan jelas apabila terjadi penyimpangan. Oleh karena kemampuannya yang dapat diandalkan dalam melihat penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaan proyek, maka pengendalian proyek dengan memanfaatkan kurva-S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek.

(sumber: Materi Bidang Drainase I, Kementrian PU)