

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Drainase

Kata drainase berasal dari kata *Drainage* yang artinya mengeringkan atau mengalirkan. Drainase merupakan sebuah system yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah maupun air yang berada di bawah permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi atau akibat dari durasi hujan yang lama.

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan. Sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Drainase merupakan system pengeringan dan pengaliran dari wilayah yang meliputi (Suripin, 2004)

1. Pemukiman.
2. Kawasan industry dan perdagangan.
3. Kamus dan sekolah.
4. Rumah sakit dan fasilitas umum
5. Lapangan olahraga.
6. Lapangan parkir.
7. Instasi militer, listrik dan telekomunikasi.
8. Pelabuhan udara.

Kriteria desain drainase perkotaan ada tambahan variable desain seperti.

1. Keterkaitan dengan tata guna lahan
2. Keterkaitan dengan *masterplan* drainase kota
3. Keterkaitan dengan masalah sosial budaya.

3.2 Fungsi Drainase

Drainase di dalam kota berfungsi untuk mengendalikan kelebihan air permukaan, sehingga tidak akan mengganggu masyarakat yang ada di sekitar saluran tersebut.

Menurut Kodoatie (2005) drainase mempunyai fungsi sebagai berikut.

1. Membebaskan suatu wilayah dari genangan air, erosi, dan banjir.

2. Karena aliran lancar maka drainase juga berfungsi memperkecil resiko kesehatan lingkungan, bebas dari malaria (nyamuk) dan penyakit lainnya.
3. Kegunaan tanah permukiman padat akan menjadi lebih baik karena terhindar dari kelembaban.
4. Dengan sistem yang baik tata guna lahan dapat di optimalkan dan juga memperkecil kerusakan-kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan lainnya.

3.3 Jenis Drainase

Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut (Hasmar,2004)

1. Menurut sejarah terbentuknya
 - a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Yakni drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasang batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak Karena grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.
 - b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase ini dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.
2. Menurut letak bangunan
 - a. Drainase permukaan tanah (*Surface Drainage*)

Yakni saluran yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan Analisa *open chanel flow*.
 - b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Sub Surface Drainage*)

Saluran ini bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa) karena alasan-alasan tertentu.
3. Menurut fungsinya
 - a. *Single Purpose*

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

b. *Multi Purpose*

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

4. Menurut Konstruksi

a. Saluran Terbuka

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

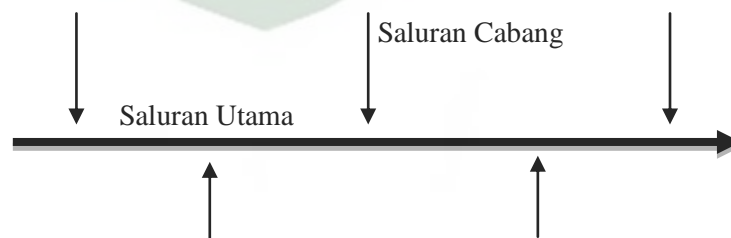
b. Saluran Tertutup

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

5. Menurut Pola Jaringan

a. Siku

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



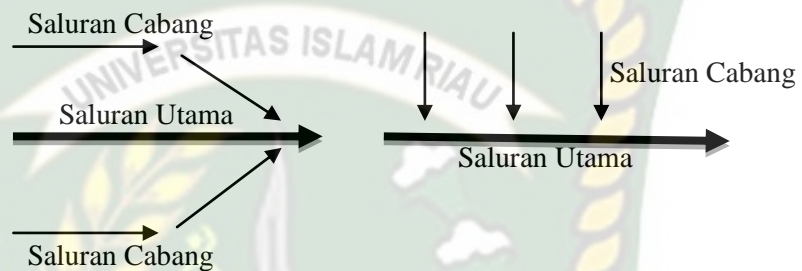
Gambar 3.1 Pola Jaringan Drainase Siku (Hasmar, 2004)

Pada gambar 3.1 dapat kita lihat bahwa saluran cabang adalah saluran yang mengalirkan air ke saluran utama, pada umumnya saluran

utama biasanya adalah sungai atau saluran primer yang mengalirkan air ke badan air.

b. Paralel

Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (skunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek. Apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran dapat menyesuaikan.

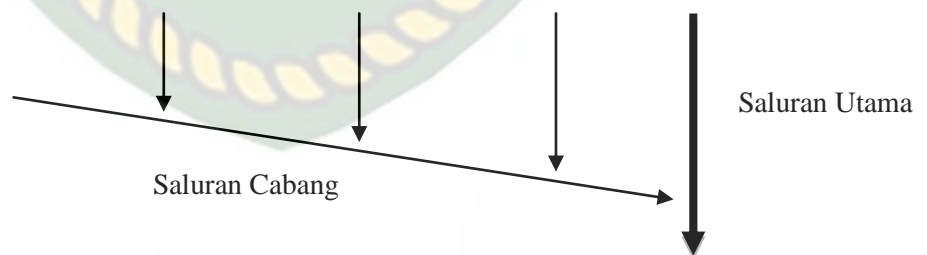


Gambar 3.2 Pola Jaringan Drainase Paralel (Hasmar,2004)

Pada gambar 3.2 dapat kita lihat bahwa saluran cabang pada umumnya bersifat sejajar dengan saluran utama akan tetapi saluran cabang akan tetap bermuara di saluran utama untuk dialirkan ke badan air.

c. Grid Iron

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

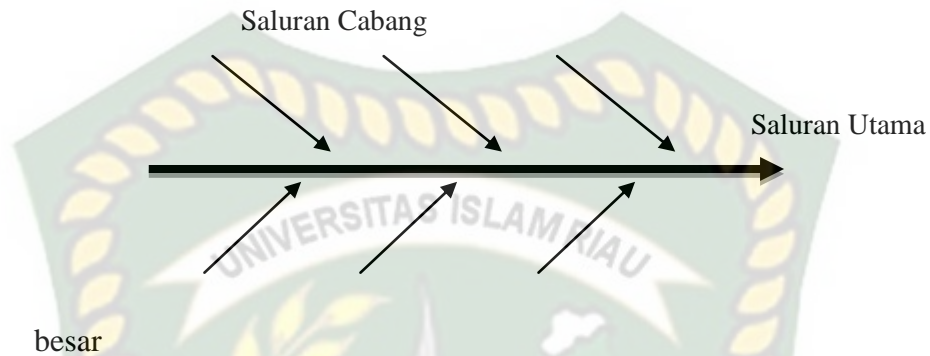


Gambar 3.3 Pola Jaringan Drainase Grid Iron (Hasmar,2004)

Pada gambar 3.3 dapat kita lihat bahwa saluran cabang mengalirkan air yang dikumpulkan dulu pada saluran penampung, setelah itu air dialirkan ke saluran utama dan diteruskan ke badan air.

d. Alamiah

Sama dengan pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih



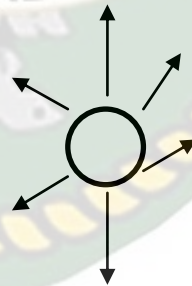
besar

Gambar 3.4 Pola Jaringan Drainase Alamiah (Hasmar,2004)

Pada gambar 3.4 dapat kita lihat bahwa pola aliran hampir sama dengan pola aliran siku, akan tetapi pada pola alamiah saluran cabang berbentuk diagonal dan tidak teratur untuk dialirkan ke saluran utama.

e. Radial

Pola ini biasanya diterapkan pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 3.5 Pola Jaringan Drainase Radial (Hasmar,2004)

Pada gambar 3.5 dapat kita lihat bahwa saluran cabang berbentuk melingkar yang kemudian mengalirkan air ke saluran utama yang mengelilingi saluran cabang.

f. Jaring-jaring

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



Gambar 3.6 Pola Jaringan Drainase Jaring-jaring (Hasmar,2004)

Pada gambar 3.6 dapat kita lihat bahwa saluran cabang merangkai menjadi satu kesatuan sebelum menuju ke saluran utama dan diteruskan ke badan air.

6. Menurut Fisiknya

Saluran drainase menurut fisiknya terbagi dalam beberapa sistem, berikut ini saluran drainase menurut fisiknya:

a. Sistem Saluran Primer

Sistem saluran Primer adalah saluran utama yang menerima masukan aliran dari saluran sekunder. Dimensi saluran ini relatif besar. Akhir saluran primer adalah badan penerima air.

b. Sistem Saluran Sekunder

Sistem saluran sekunder adalah saluran terbuka atau tertutup yang berfungsi menerima aliran air dari saluran tersier dan limpasan dari permukaan disekitarnya, dan meneruskan air ke saluran primer. Dimensi saluran tergantung dari debit yang dialirkan.

c. Sistem Saluran Tersier

Sistem saluran tersier adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran drainase lokal.

3.4 Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahannya antara lain: keadaan zat cair, padat, dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah. Analisa hidrologi merupakan bidang yang sangat rumit dan kompleks. Hal ini disebabkan oleh ketidak pastian dalam hidrologi, keterbatasan teori, rekaman data, keterbatasan ekonomi, serta kita tidak dapat memprediksi besar hujan pada suatu periode waktu (Sri Harto Br, 1995)

3.4.1 Siklus hidrologi

Siklus hidrologi yaitu suatu gerakan air baik ke udara akibat proses evaporasi yang kemudian jatuh ke permukaan tanah sebagai hujan dan kembali ke proses awalnya. Berikut beberapa proses yang terjadi selama siklus hidrologi.

a. *Evaporasi*

Evaporasi adalah proses penguapan air yang ada di permukaan bumi, baik itu air laut, air danau, air sungai, air pada permukaan tanah dan air yang ada di permukaan tumbuhan (evapotranspirasi) yang terjadi Karena panas matahari

b. *Transpirasi*

Transpirasi adalah air yang dihisap oleh akar tumbuhan, di teruskan lewat tubuh tanaman dan di uapkan kembali lewat stomata daun (proses fisiologi alami)

c. *Kondensasi*

Kondensasi adalah penurunan suhu udara di atas atmosfer sehingga uap air hasil dari evaporasi kembali mengembun dan membentuk butir-butir air yang halus sehingga membentuk awan hitam yang jenuh akan butir-butir air.

d. *Presipitasi*

Presipitasi adalah proses turunnya air hujan dari hasil kondensasi. Awan hitam yang mengandung butir-butir air ini ditiup oleh air sehingga butir-butir air tersebut kembali jatuh ke permukaan bumi. Jika air yang jatuh berbentuk

cair maka disebut hujan (*Rainfall*) dan jika dalam bentuk padat disebut salju (*Snow*)

e. Aliran Permukaan (*Run off*)

Sebagian air hujan yang jatuh ke tanah mengalir di atas permukaan tanah membentuk aliran permukaan (*Run off*) yang mengalir menuju ke permukaan yang lebih rendah seperti sungai, danau, dan laut.

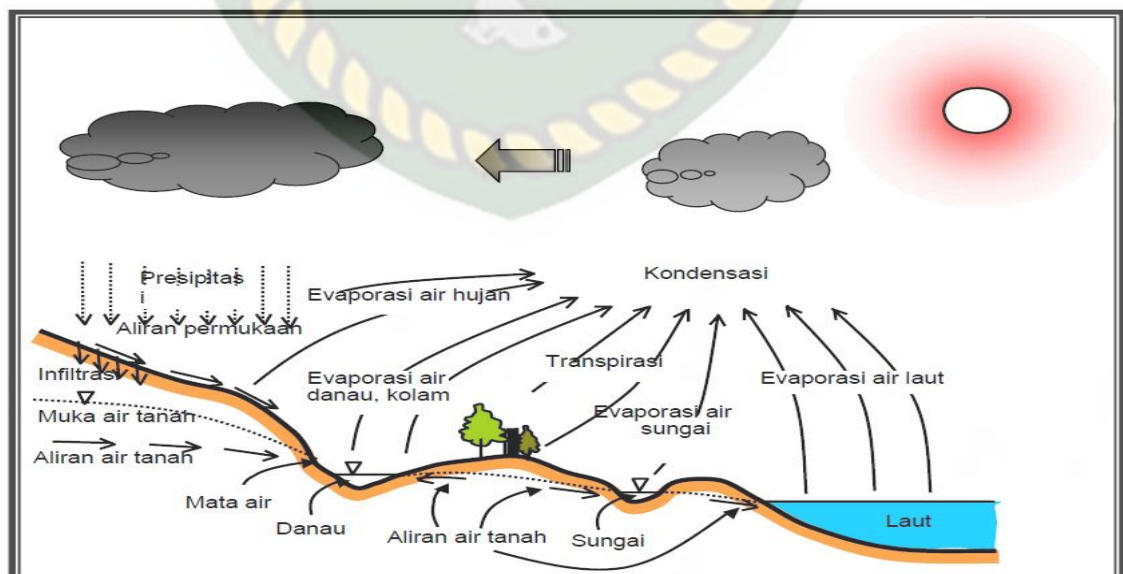
f. *Infiltrasi*

Infiltrasi adalah proses menyerapnya air kedalam tanah. Air hujan yang mengalami presipitasi sebagian masuk diserap kedalam tanah, hingga akhirnya mencapai permukaan air tanah yang menyebabkan muka air tanah naik.

g. *Perkolasi*

Perkolasi adalah mengalirnya air melalui pori-pori tanah. Sebagian air yang meresap kedalam tanah mengalir melalui pori-pori tanah menuju ke permukaan air yang lebih rendah seperti permukaan air sungai, danau, maupun air laut.

Susunan peristiwa siklus hidrologi dapat dilihat pada **Gambar 3.7**



Gambar 3.7 Siklus Hidrologi (Suripin,2004)

Ada beberapa kemungkinan yang terjadi pada siklus hidrologi antara lain (Suripin, 2004).

- a. Siklus (daur) tersebut dapat merupakan daur pendek, yaitu misalnya hujan yang jatuh dari laut, danau atau sungai segera dapat mengalir kembali ke laut.
- b. Tidak ada keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Pada musim kemarau daur terlihat berhenti sedangkan di musim hujan berjalan kembali.
- c. Intensitas dan frekuensi daur tergantung pada keadaan geografi dan iklim, hal ini akibat adanya matahari yang berubah-ubah letaknya terhadap meredum bumi sepanjang tahun.

3.4.2 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variansi, dan koefisien *skewness* (Suripin, 2004).

1. Rata-rata (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

Dimana:

n = jumlah data yang di analisis

\bar{x} = curah hujan rata-rata (mm)

x_i = curah hujan (mm)

2. Simpangan Baku

$$s = \sqrt{\left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]} \quad (3.2)$$

Dimana:

n = jumlah data yang di analisis

x_i = curah hujan (mm)

\bar{x} = curah hujan rata-rata (mm)

S = standar deviasi (mm)

3. Koefisien Variansi

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} \quad (3.3)$$

Dimana:

Cv = koefisien variansi

\bar{x} = curah hujan rata-rata (mm)

S = standar deviasi (mm)

4. Koefisien Kemencengan (Skewness)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (3.4)$$

Dimana:

Cs = koefisien kemencengan

n = jumlah data yang dianalisis

x_i = curah hujan (mm)

\bar{x} = curah hujan rata-rata (mm)

s = standar deviasi (mm)

5. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (3.5)$$

Dimana:

Ck = koefisien kurtosis

n = jumlah data yang dianalisis

x_i = curah hujan (mm)

\bar{x} = curah hujan rata-rata (mm)

s = standar deviasi (mm)

Selanjutnya memilih metode distribusi yang akan digunakan dengan cara menyesuaikan parameter statistik yang didapat dari perhitungan data dengan sifat-sifat yang ada pada metode-metode distribusi seperti yang disajikan dalam Tabel 3.1 seperti di bawah ini.

Tabel 3.1 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi (Marthina dkk, 2008)

Bentuk Distribusi	Batasan
Normal	$C_s = 0,00$ $C_k = 3,00$
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v = 0,2874$ $C_k = C_v^8 + 3C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3,174$
Gumbel	$C_s \cong 1.396$ $C_k \cong 5.4002$

Tabel 3.1 Lanjutan

Bentuk Distribusi	Batasan
Log-Pearson Type III	Jika tidak menunjukkan sifat dari ketiga distribusi di atas

3.4.3 Distribusi Frekuensi

Ada banyak macam distribusi frekuensi yang digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini adalah beberapa jenis distribusi frekuensi yang sering digunakan dalam bidang hidrologi:

1. Distribusi Normal

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

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S \quad (3.6)$$

Dimana:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T (tahun).

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Untuk mempermudah perhitungan, nilai faktor frekuensi (K_T) umumnya sudah tersedia nilai variabel reduksi *Gauss* seperti ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai Variabel Reduksi *Gauss* (Suripin, 2004)

No	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58

Tabel 3.2 Lanjutan

No	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52

13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33

2. Distribusi Log Normal

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

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times S \quad (3.7)$$

Dimana:

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi depan periode ulang T (tahun)

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

3. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana menurut metode Gumbel memiliki persamaan sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + S \times K \quad (3.8)$$

Dimana:

\bar{X} = Harga rata-rata sampel

S = Standar deviasi (simpangan baku) sampel

K = Faktor probabilitas

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

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (3.9)$$

Dimana:

Y_n = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sampel atau data n .

Untuk mempermudah perhitungan, nilai Y_n dapat dilihat pada daftar harga *reduced mean* yang disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 *Reduced Mean, Y_n* (Suripin, 2004)

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	0,8396	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	0,5593	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

S_n = *Reduced standar deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel atau data n .

Untuk mempermudah perhitungan, nilai S_n dapat dilihat pada daftar harga *reduced standar deviation* yang disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 *Reduced standar deviation, S_n* (Suripin, 2004)

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

Y_{Tr} = *Reduced variate*, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Y_{Tr} = -1n \left\{ \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (3.10)$$

Untuk mempermudah perhitungan, nilai Y_{Tr} juga dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 *Reduced variate*, Y_{Tr} (Suripin, 2004)

Periode Ulang T_r (tahun)	Reduced Variate Y_{Tr}
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
75	4,3117
100	4,6012
200	5,2969

250	5,5206
-----	--------

Tabel 3.5 Lanjutan

Periode Ulang T_r (tahun)	Reduced Variate Y_{Tr}
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

4. Distribusi *Log-Pearson III*

Menurut Suripin (2004), bahwa distribusi *Log-Pearson III* memiliki tiga parameter penting, yaitu harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi normal. Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi *Log-Pearson III*:

1. Ubah data kedalam bentuk logaritmik

$$x = \log x \quad (3.11)$$

2. Hitung harga rata-rata

$$\log \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i \quad (3.12)$$

3. Hitung harga simpangan baku

$$s = \sqrt{\left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2 \right]} \quad (3.13)$$

4. Hitung koefisien kemencengan

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1) \times (n-2) s^3} \quad (3.14)$$

5. Hitung logaritma hujan tahunan atau banjir periode ulang T dengan rumus berikut ini:

$$\log X_T = \log \bar{x} + K_s \quad (3.15)$$

Dimana:

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T -tahunan

\bar{x} = nilai rata-rata dari x (mm)

s = deviasi standar dari x (mm)

K_s = variabel standar x , besarnya tergantung koefisien kemencengan C_s , adapun nilai K untuk distribusi Log-Pearson III dapat dilihat pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Nilai K untuk Distribusi *Log Pearson III* (Suripin,2004)

Interval Kejadian (<i>Recurrence Interval</i>), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)								
Koef,G	99	80	50	20	10	4	2	1
3	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271

1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733

Tabel 3.6 Lanjutan

Interval Kejadian (<i>Recurrence Interval</i>), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)								
Koef,G	99	80	50	20	10	4	2	1
-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	1,270	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	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

3.4.4 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Catchment area adalah daerah hujan ke suatu aliran yang berbentuk saluran buatan atau alami. Sistem drainase yang baik adalah apabila air hujan di suatu daerah harus segera dapat dialirkan, maka untuk itu perlu dibuat saluran yang menuju saluran utama atau saluran pembuangan akhir (Sri Harto Br, 1995).

Dari daerah aliran ini kita tidak dapat merencanakan besarnya dimensi saluran yang tergantung dari beberapa factor diantaranya.

- a. Besarnya daerah tangkapan hujan/ *catchment area*
- b. Kemiringan daerah tangkapan hujan
- c. Intensitas curah hujan
- d. Koefisien pengaliran

3.4.5 Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang di butuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik control yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran (Suripin, 2004). Waktu konsentrasi di bagi atas 2 bagian.

- a. *Inlet time* (t_o), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir diatas permukaan tanah menuju saluran drainase, untuk (t_o) dapat ditentukan dengan persamaan yaitu panjang sisi terluar yang sejajar dengan saluran dibagi kecepatan aliran dimuka tanah sisi terluar tersebut sampai di saluran

$$= L/v.$$

b. *Conduit time* (t_d), yaitu waktu yang di perlukan oleh air untuk mengalir disepanjang saluran sampai titik control yang ditentukan dibagian hilir, untuk t_d dapat ditentukan dengan persamaan, yaitu panjang saluran dibagi kecepatan aliran di saluran = L/v

Waktu konsentrasi dapat di hitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_c = t_o + t_d \quad (3.16)$$

Dimana:

T_c = waktu konsentrasi (menit)

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

t_d = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran

Untuk mengetahui koefisien hambatan berdasarkan kondisi lapisan dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Koefisien hambatan (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

No	Kondisi Lapisan Permukaan	Kondisi Hambatan (n_d)
1	Lapisan semen dengan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,10
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,20
5	Padang rumput dan rerumputan	0,40
6	Hutan gundul	0,60
7	Hutan rimbung dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,80

Kecepatan aliran tergantung dari jenis bahan material saluran, dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Kecepatan izin dalam saluran (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Jenis Bahan	Kecepatan Izin (m/detik)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,5
Lanau aluvial	0,6
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,1
Kerikil kasar	1,2
Batu-batu besar	1,5
Pasangan batu	1,5
Beton	1,5
Beton bertulang	1,5

3.4.6 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu (Suripin,2004). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Besarnya intensitas hujan pada kondisi yang ditimbulkan sesuai dengan derajat hujannya, dapat dilihat pada tabel 3.9

Tabel 3.9 Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan (Suripin, 2004)

Derajat Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Kondisi
------------------------	------------------------------------	---------

A	B	C
Hujan sangat Lemah	< 1.20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit

Tabel 3.9 Lanjutan

Derajat Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Kondisi
A	B	C
Hujan Lemah	1.20 - 3.00	Tanah menjadi basah semuanya tetapi sulit membuat <i>puddle</i>
Hujan Normal	3.00 - 18.0	Dapat dibuat <i>puddle</i> dan bunyi hujan kedengaran
Hujan Deras	18.0 - 60.0	Air tergenang diseluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan terdengar berasal dari genangan
Hujan Sangat Deras	> 60.0	Hujan seperti tumpahan, saluran dan drainase meluap

Data curah huajn dalam suatu 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. Menurut Dr. Mononobe intensitas hujan (I) didalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus (Suripin, 2004)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.17)$$

Dimana:

R_{24} = Curah hujan rancangan setempat (mm)

t_c = Lama waktu konsentrasi dalam jam

I = Intensitas hujan dalam mm/jam

3.4.7 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran permukaan (C) merupakan bilangan yang menunjukkan besarnya aliran permukaan dengan besarnya curah hujan yang dipengaruhi oleh tata guna lahan. Semakin baik kondisi lahan maka nilai $C \approx 0$ diartikan hampir semua air hujan yang terinfiltrasi. Jika kondisi daerah tangkapan semakin buruk maka nilai $C \approx 1$, semakin sedikit air yang terinfiltrasi maka akan mengakibatkan aliran permukaan semakin tinggi. Kawasan yang terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka nilai C yang digunakan adalah koefisien kawasan yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.18)$$

Dimana:

A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah i

C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

n = jumlah jenis penutup lahan

Harga koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah (C) tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Harga koefisien aliran permukaan untuk berbagai jenis kondisi tanah dan penggunaan lahan bisa diperoleh dari tabel 3.9.

Tabel 3.10 Koefisien Aliran (Suripin, 2004)

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran (C)
Business	
Perkotaan	0,70-0,95
Pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	

Rumah tunggal	0,30-0,50
Multiunit, terpisah	0,40-0,60
Multiunit, tergabung	0,60-0,75
Perkampungan	0,25-0,40
Apartemen	0,50-0,70

Tabel 3.10 Lanjutan

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran (C)
Industri	
Ringan	0,50-0,80
Berat	0,60-0,90
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,70-0,95
Batu bata, paving	0,50-0,70
Atap	0,75-0,95
Halaman, tanah berpasir	
Datar 2%	0,05-0,10
Rata-rata 2-7%	0,10-0,15
Curam 7%	0,15-0,20
Halaman, tanah berat	
Datar 2%	0,13-0,17

Rata-rata 2-7%	0,18-0,22
Curam 7%	0,25-0,35
Halaman kereta api	0,10-0,35
Taman tempat bermain	0,20-0,35
Taman, pekuburanHutan	0,10-0,25
Datar 0-5%	0,10-0,40
Bergelombang 5-10%	0,25-0,50
Berbukit 10-30%	0,30-0,60

3.4.8 Analisa Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah air buangan hasil aktifitas manusia. Untuk mengetahui debit air kotor kita perlu mengetahui banyaknya kebutuhan air penduduk pada setiap wilayah. Banyaknya pemakaian air rata-rata per orang setiap hari sesuai dengan jenis keperluannya, dapat dilihat pada tabel 3.11.

Tabel 3.11 Pemakaian air rata-rata per orang setiap hari (SNI 03-7065-2005)

No	Penggunaan gedung	Pemakaian air	Satuan
1	Rumah tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah susun	100	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah sakit	500	Liter/tempat tidur/hari
5	Sekolah dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari

7	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko atau rukan	100	Liter/pegawai/hari
9	Kantor atau pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba, toko pengecer	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel berbintang	250	Liter/tempat tidur/hari
13	Hotel melati atau penginapan	150	Liter/tempat tidur/hari
14	Gedung pertunjukan/bioskop	10	Liter/kursi
15	Gedung serba guna	25	Liter/kursi
16	Stasiun, Terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
17	Tempat beribadah	5	Liter/orang

Dari tabel 3.11 dapat kita lihat bahwa pemakaian air terbesar menurut SNI 03-7065-2005 adalah pada bangunan rumah sakit, yaitu sebesar 500 liter/tempat tidur/hari. Sedangkan pemakaian air terendah adalah pada stasiun dan terminal yaitu 3 liter/penumpang tiba dan pergi.

Dari jumlah pemakaian air tersebut dapat diperkirakan besarnya air buangan yang harus ditampung dan dialirkan yaitu sebesar 85% dari kebutuhan air yang ditetapkan (Suhardjono, 2013). Debit aliran air kotor dapat dihitung dengan mengetahui jumlah pemakaian air menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Q_k = \frac{P_n \times q}{A} \quad (3.19)$$

Dimana:

Q_k = debit air kotor rata-rata (liter/detik/m²)

P_n = jumlah penduduk

q = debit air buangan (liter/detik/orang)

A = luas total wilayah (m²)

3.4.9 Debit Rencana Aliran (Q)

Ketetapan dalam menetapkan besarnya debit air yang harus di alirkan melalui saluran drainase pada daerah tertentu sangatlah penting dalam penentuan dimensi saluran. Dimensi saluran yang terlalu besar akan memiliki nilai yang tidak ekonomis, namun bila terlalu kecil akan mempunyai tingkat ketidak berhasilan yang tinggi.

Menghitung besarnya debit rencana pada umumnya dilakukan dengan metode rasional, karena luasan daerah aliran tidak terlalu luas, kehilangan air sedikit dan waktu konsentrasi relatif pendek. Kapasitas pengaliran dapat dihitung dengan menggunakan metode rasional sebagai berikut:

$$Q = 0,002778 \times C \times I \times A \quad (3.20)$$

Dimana:

Q = kapasitas pengaliran (m^3/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (Ha)

Berdasarkan batasan dalam kerangka Tata Cara Perencanaan Drainase Perkotaan, maka kala ulang debit banjir rencana dapat dilihat pada tabel 3.11 dibawah ini.

Tabel 3.11 Kala Ulang Debit Banjir Rencana (Gunadarma, 1997)

No	Jenis Saluran	Kala Ulang Debit Banjir Rencana
1.	Saluran Primer	10 tahun
2.	Saluran Sekunder	5 tahun
3.	Saluran Tersier	2 tahun
4.	Saluran Kwarter	1 tahun

3.5 Analisa Hidrolika

Zat cair dapat diangkat dari suatu tempat ke tempat lain melalui bangunan pembawa alamiah ataupun buatan manusia. Bangunan pembawa ini dapat dibentuk terbuka maupun tertutup bagian atasnya.

Adapun jenis-jenis saluran tertutup ialah sebagai berikut:

1. Terowongan
2. Pipa
3. Aquaduct
4. Gorong-gorong
5. Shipon

Sedangkan jenis-jenis saluran terbuka ialah sebagai berikut:

1. Sungai
2. Saluran irigasi
3. Selokan
4. Estuari

3.5.1 Tipe Aliran

Secara umum saluran drainase merupakan aliran air pada saluran terbuka yaitu aliran di mana muka air mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Aliran terbuka dapat digolongkan menjadi berbagai tipe berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan ruang dan waktu (Suripin, 2004).

Berdasarkan ruang dan tipe aliran dibedakan menjadi:

1. Aliran seragam, aliran saluran terbuka dikatakan seragam apabila kedalaman air sama pada setiap penampang saluran.
2. Aliran berubah, aliran saluran terbuka dikatakan berubah apabila kedalaman air pada setiap potongan melintang saluran tidak sama.

Berdasarkan waktu dan tipe aliran dibedakan menjadi:

1. Aliran tetap, bila kedalaman air tidak berubah atau dianggap tetap dalam kurun waktu tertentu.
2. Aliran tidak tetap, bila kedalaman aliran berubah sesuai dengan waktu.

Untuk mempermudah penyelesaian persamaan aliran, maka aliran dalam saluran drainase di anggap mempunyai tipe aliran seragam. Sifat-sifat aliran seragam ini adalah:

1. Kedalaman aliran, luas penampang basah, kecepatan aliran serta debit aliran selalu tetap pada setiap penampang lintang saluran (h , A , V , dan Q selalu tetap).
2. Garis energi dan dasar saluran selalu sejajar.

Dalam sebagian persoalan aliran seragam, berdasarkan suatu pertimbangan, maka debit di anggap tetap disepanjang bagian saluran yang lurus atau dengan kata lain aliran bersifat kontinu dan dapat ditunjukkan dengan persamaan di bawah ini:

$$Q = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \quad (3.21)$$

Dimana:

Q = debit saluran ($m^3/detik$)

A = luas basah pada potongan (m^2)

V = kecepatan aliran pada potongan ($m/detik$)

3.5.2 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran harus memenuhi persyaratan tidak boleh kurang dari kecepatan minimum dan tidak melebihi kecepatan maksimum yang di izinkan sesuai dengan tipe dan bahan material saluran yang di tinjau.

Menurut Suripin (2004), rumus kecepatan aliran seragam ada 3 buah yang terkenal yaitu:

1. Rumus *Chezy*
2. Rumus *Strickler*
3. Rumus *Manning*

Untuk pengaliran drainase, dimensi saluran dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Manning* seperti yang terlihat dibawah ini:

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (3.22)$$

$$Q = A \times V \quad (3.23)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.24)$$

Dimana:

V = kecepatan aliran (m/detik)

n = Koefisien manning (dapat dilihat pada tabel harga n untuk rumus manning)

R = jari-jari hidrolis (m)

i =kemiringan saluran

Q = debit saluran (m³/detik)

A = luas penampang basah saluran (m²)

P = keliling basah saluran (m)

Dalam perhitungan dimensi saluran dengan menggunakan rumus *manning* nilai n dapat dilihat pada tabel. Adapun daftar harga n dalam penggunaan pada rumus *manning* dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Harga n untuk Rumus *Manning* (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
f	Saluran Buatan				
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan <i>Excavator</i>	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, teratur	0,023	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030

	Saluran Alami				
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.6 tetapi ada tumbuhan atau Kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih,berlubang, dan berdinding pasir	0,033	0,035	0,040	0,045

Tabel 3.12 Lanjutan

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
11	Seperti no.10, dangkal tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuhan, dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
	Saluran Batuan, Beton, atau Batu Kali				
16	Saluran pasangan batu, tanpa finishing	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16 tapi dengan finishing	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

3.5.3 Kecepatan Minimum Yang Diizinkan

Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan. Pada umumnya dalam praktek, kecepatan sebesar 0,60-0,90 m/detik, dapat digunakan dengan aman apabila presentase lumpur yang ada di air cukup kecil. (Putra, 2012)

3.5.4 Dimensi Saluran

Dimensi saluran dihitung dengan cara menggunakan rumus-rumus untuk perhitungan aliran seragam dengan mempertimbangkan (Suripin, 2004):

1. Efisiensi hidrolis
2. Kepraktisan saluran
3. Ekonomis saluran

Potongan melintang 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.

Dari rumus Manning dapat dilihat bahwa untuk kemiringan dasar dan kekasaran tetap, kecepatan maksimum dicapai jika jari-jari hidraulik (R) maksimum. Selanjutnya untuk luas penampang tetap, jari-jari hidraulik (R) maksimum jika keliling basah (P) minimum. Kondisi seperti yang telah kita pahami tersebut memberi jalan untuk menentukan dimensi penampang melintang saluran yang ekonomis untuk berbagai macam bentuk, seperti dijabarkan berikut.

1. Penampang berbentuk persegi yang ekonomis

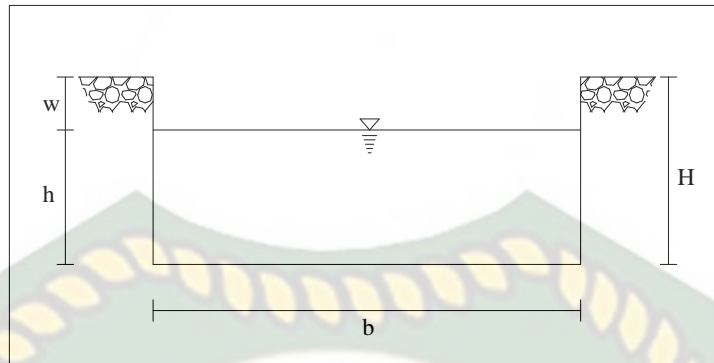
Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan kedalaman air h (Gambar 3.8), luas penampang basah (A) dan keliling basah (P) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = B \times h$$

atau,

$$B = \frac{A}{h} \quad (3.25)$$

Adapun bentuk penampang melintang saluran drainase berbentuk persegi dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Penampang Persegi (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

$$P = B + 2h \quad (3.26)$$

Substitusi persamaan (3.25) ke dalam persamaan (3.26), maka diperoleh persamaan:

$$P = \frac{A}{h} + 2h \quad (3.27)$$

Dengan asumsi luas penampang (A) adalah konstan, maka persamaan (3.27) dapat didiferensialkan terhadap h dan dibuat sama dengan nol untuk memperoleh nilai P minimum.

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

$$A = 2h^2 = Bh$$

atau,

$$B = 2h \text{ atau } h = \frac{B}{2} \quad (3.28)$$

Jari-jari hidraulik

$$R = \frac{A}{P} = \frac{Bh}{B + 2h}$$

atau,

$$R = \frac{2h^2}{2h + 2h} = \frac{h}{2} \quad (3.29)$$

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

2. Penampang berbentuk trapesium yang ekonomis

Luas penampang melintang (A), dan keliling basah (P), saluran dengan penampang yang berbentuk trapesium dengan lebar dasar (B), kedalaman aliran

(h), dan kemiringan dinding (1 : m) yang paling ekonomis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = (B + mh)h \quad (3.30)$$

$$P = B + 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

Atau,

$$B = P - 2h\sqrt{m^2 + 1} \quad (3.31)$$

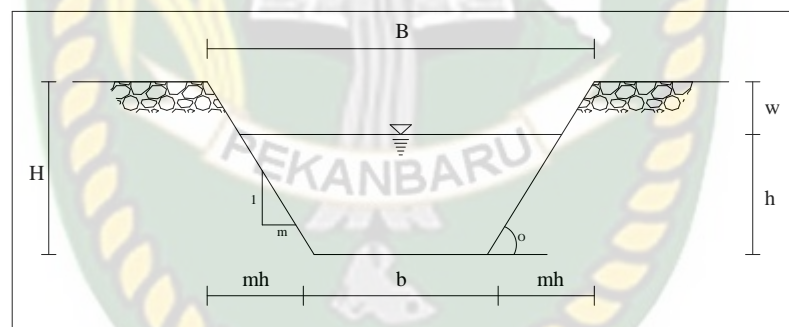
Persamaan (3.31) disubstitusikan ke dalam persamaan (3.30), maka di peroleh persamaan berikut:

$$A = (P - 2h\sqrt{m^2 + 1})h + mh^2$$

Atau,

$$A = Ph - 2h^2\sqrt{m^2 + 1} + mh^2 \quad (3.32)$$

Adapun bentuk penampang melintang saluran drainase berbentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.15 dibawah ini:



Gambar 3.15 Penampang Trapesium (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Dengan asumsi luas penampang A dan kemiringan dinding m adalah konstan, maka persamaan (3.32) dapat dideferensialkan terhadap h dan dibuat sama dengan nol untuk memperoleh kondisi P minimum.

$$\frac{dA}{dh} = p - 4h\sqrt{m^2 + 1} + 2mh = 0$$

Atau

$$p = 4h\sqrt{m^2 + 1} - 2mh \quad (3.33)$$

Dengan menganggap h konstan, mendefersialkan persamaan (3.33) dan membuat sama dengan nol, maka diperoleh persamaan berikut:

$$\frac{dP}{dm} = \frac{1}{2} \left(4h \frac{2m}{\sqrt{m^2 + 1}} \right) - 2h = 0$$

Atau

$$\frac{2m}{\sqrt{m^2 + 1}} = 1$$

$$4m^2 = 1 + m^2 ; m = \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (3.34)$$

$$3m^2 = 1$$

Nilai m disubstitusikan ke dalam persamaan (3.33), maka persamaan yang diperoleh adalah:

$$P = \frac{8}{3} h\sqrt{3} - \frac{2}{3} h\sqrt{3} = 2h\sqrt{3} \quad (3.35)$$

Jika nilai m disubstitusikan ke dalam persamaan (3.31), maka persamaan yang diperoleh adalah:

$$b = 2h\sqrt{3} - \frac{4}{3} h\sqrt{3} = \frac{2}{3} h\sqrt{3} \quad (3.36)$$

Selanjutnya jika nilai m disubstitusikan ke dalam persamaan (3.30), maka diperoleh persamaan berikut:

$$A = \left(\frac{2}{3} h\sqrt{3} + \frac{1}{3} h\sqrt{3} \right) h = h^2\sqrt{3} \quad (3.37)$$

Jadi, penampang trapesium yang paling efisien adalah jika kemiringan dindingnya, $m = (1/\sqrt{3})$, atau $\theta = 60^\circ$.

3.5.5 Tinggi Jagaan (*Freeboard*)

Tinggi jagaan (*freeboard*) adalah jarak vertikal dari puncak tanggul drainase sampai permukaan air pada kondisi debit rencana. Tinggi jagaan (*freeboard*) pada saluran drainase berfungsi untuk mencegah kenaikan muka air yang melimpah ke tepi saluran dan direncanakan untuk dapat mencegah peluapan air akibat gelombang serta fluktuasi permukaan air, misalnya berupa gerakan-gerakan angin serta pasang surut. Pada umumnya semakin besar debit yang di angkut, semakin besar pula tinggi jagaan yang harus disediakan. Menurut Departemen Pekerjaan umum (2006) tinggi jagaan pada saluran drainase dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$W = \sqrt{0,5h} \quad (3.38)$$