

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Drainase

Drainase berasal dari kata *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, mengeringkan, menguras, membuang dan mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan maupun air irigasi dari suatu kawasan lahan sehingga fungsi kawasan lahan tidak terganggu. Sistem drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat berfungsi secara optimal (Suripin, 2004).

Sistem drainase adalah cara pengaliran air dengan pembuatan saluran (tersier) untuk menampung air hujan yang mengalir diatas permukaan tanah, kemudian dialirkan ke sistem yang lebih besar (sekunder dan premier) dan selanjutnya dialirkan ke sungai dan laut (Robert J Kodoatie, 2005).

Daerah layanan harus aman terhadap genangan air dan sekaligus mempertahankan kelestarian dan keseimbangan air dari suatu wilayah. Oleh karena itu maka konsep pembangunan drainase perkotaan yang berkelanjutan sudah menjadi keharusan dalam sistem pembangunan di Indonesia saat ini dan masa mendatang, sehingga dalam perencanaan sistem drainase perkotaan perlu memperhatikan fungsi drainase sebagai prasarana kota dilandasi dengan konsep pembangunan berwawasan lingkungan sesuai Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan (DPU, 1990).

Secara garis besar drainase dapat dibedakan atas dua macam (Suripin, 2004) yaitu :

1. Drainase Permukaan adalah sistem drainase yang berkaitan dengan pengendalian aliran air permukaan ,
2. Drainase Bawah Permukaan adalah sistem drainase yang berkaitan dengan pengendalian aliran air di bawah permukaan.

Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran dari wilayah yang meliputi :

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

Kriteria desain drainase perkotaan ada tambahan variabel 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 (Hadihardjaja, 1997).

Drainase dalam kota mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Untuk mengalirkan genangan air atau banjir ataupun air hujan dengan cepat dari permukaan jalan ,
2. Untuk mencegah aliran air yang berasal dari daerah lain atau daerah di sekitar jalan yang masuk ke darah perkerasan jalan ,
3. Untuk mencegah kerusakan jalan dan lingkungan yang diakibatkan oleh genangan air dan jalan.

Menurut (Wesli, 2008 dalam Arif, 2015) dalam sebuah *system* drainase digunakan saluran sebagai sarana mengalirkan air yang terdiri dari saluran *Interseptor*, saluran *Kolektor* dan saluran *Konveyor*. Masing-masing saluran mempunyai fungsi yang berbeda.

1. Saluran *Interseptor* berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain di bawahnya. Saluran ini biasanya dibangun dan diletakkan pada bagian sejajar dengan kontur atau garis ketinggian topografi. Output dari saluran ini biasanya berada pada saluran *Kolektor* atau *Konveyor* atau langsung pada saluran alamiah atau sungai.
2. Saluran *Kolektor* berfungsi sebagai pengumpul aliran dari saluran drainase yang lebih kecil. Misalnya saluran *Interseptor*. Output saluran ini berada pada saluran *Konveyor* atau langsung ke sungai. Letak saluran *Kolektor* ini di bagian terendah lembah dari suatu daerah sehingga secara efektif dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada.
3. Saluran *Konveyor* berfungsi sebagai saluran pembawa seluruh air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan. Contohnya saluran kanal banjir atau saluran *by pass* yang bekerja khusus hanya mengalirkan air secara cepat sampai ke lokasi pembuangan. Letaknya boleh seperti saluran kolektor atau interseptor.

3.3 Jenis Drainase

Drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut (Hasmar,2004 dalam Niko,2016) :

1. Menurut sejarah terbentuknya drainase terbentuk dalam berbagai cara, Berikut ini cara terbentuknya drainase :
 - a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

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

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

a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

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

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

Saluran ini bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa) karena alasan-alasan tertentu.

3. Menurut fungsinya.

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

a. *Single Purpose*

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

b. *Multi Purpose*

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

4. Menurut konstruksi.

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

a. Saluran Terbuka

Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini lebih sesuai untuk

drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun drainase non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

b. Saluran Tertutup

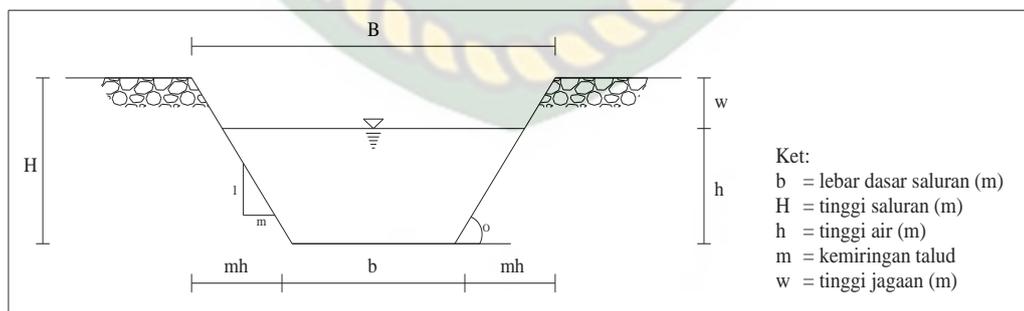
Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

3.4 Bentuk Saluran Drainase

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

1. Saluran bentuk trapesium

Saluran drainase bentuk trapesium adalah bentuk saluran yang paling umum dipakai pada saluran dinding tanah yang tidak dilapis, sebab stabilitas kemiringannya dapat di sesuaikan. Saluran ini membutuhkan ruangan yang cukup dan berfungsi untuk menyalurkan air hujan, air limbah, maupun untuk irigasi. Untuk lebih jelasnya saluran bentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.1.

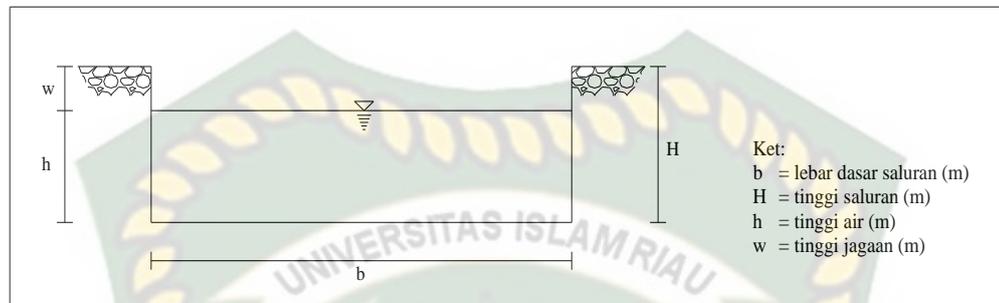


Gambar 3. 1 Saluran Bentuk Trapesium (Suripin, 2004)

2. Saluran bentuk segi empat

Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak membutuhkan banyak ruangan, sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini harus dari pasangan

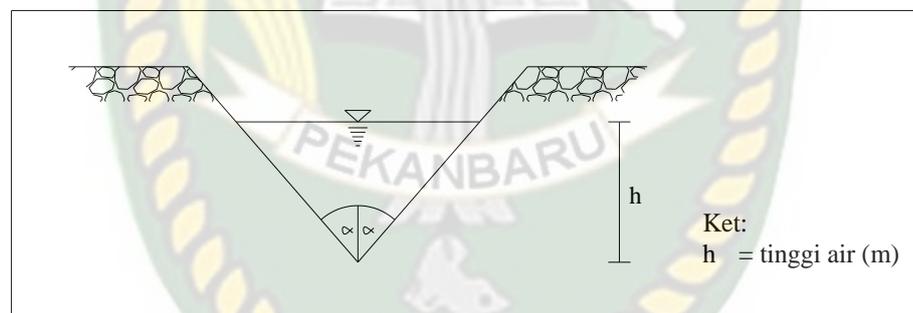
beton. Bentuk saluran ini juga berfungsi sebagai saluran air hujan, air limbah rumah tangga, dan air irigasi. Untuk lebih jelasnya saluran dengan bentuk segi empat terdapat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Saluran Bentuk Segi Empat (Suripin, 2004)

3. Saluran bentuk segitiga

Saluran yang berbentuk segitiga hanya di pakai pada pengujian laboratorium. Karena itu saluran ini sangat jarang sekali digunakan. Untuk lebih jelasnya saluran dengan bentuk segitiga terdapat pada Gambar 3.3.



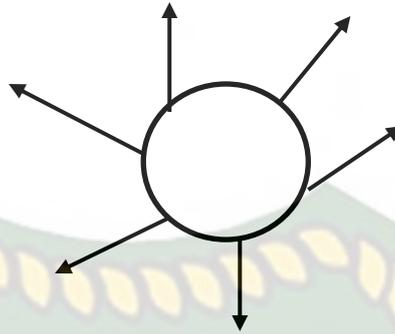
Gambar 3. 3 Saluran Bentuk Segitiga (Suripin, 2004)

3.5 Pola Jaringan Drainase

Pola jaringan drainase memiliki berbagai macam jenis yang dalam pemilihannya disesuaikan dengan kebutuhan (Hasmar, 2004, dalam Prima 2015).

1. Radial

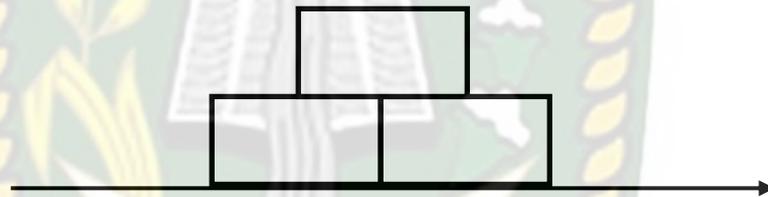
Pola jaringan radial biasanya pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memecah ke segala arah.



Gambar 3.4 Pola Jaringan Drainase Radial (Hasmar, 2004, dalam Prima 2015)

2. Jaring-jaring

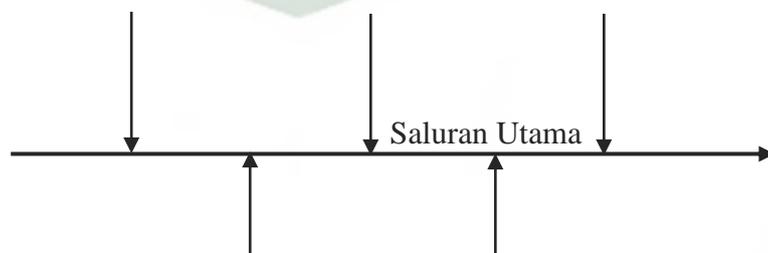
Mempunyai saluran-saluran pembuangan yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.



Gambar 3.5 Pola Jaringan Drainase Jaring-Jaring (Hasmar, 2004, dalam Prima 2015)

3. Siku

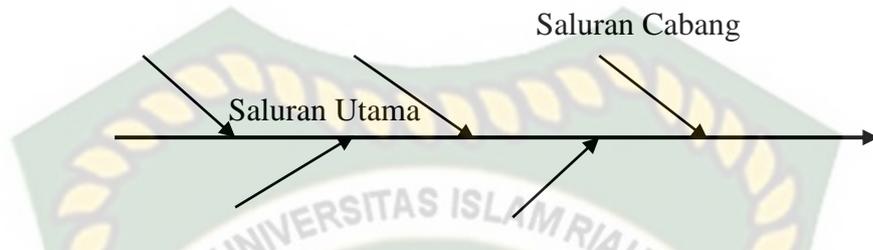
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuangan akhir berada ditengah kota.



Gambar 3.6 Pola Jaringan Drainase Siku (Hasmar, 2004, dalam Prima 2015)

4. Alamiah

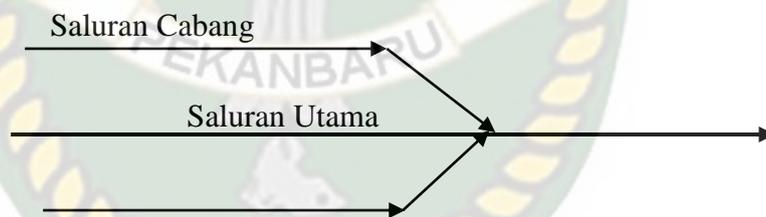
Sama seperti pola jaringan drainase siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 3.7 Pola Jaringan Drainase Alamiah (Hasmar, 2004, dalam Prima 2015)

5. Paralel

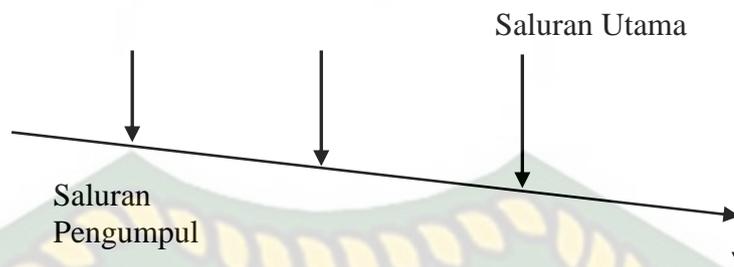
Saluran terletak sejajar dengan saluran cabang, dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri



Gambar 3.8 Pola Jaringan Drainase Paralel (Hasmar, 2004, dalam Prima 2015)

6. *Grid Iron*

Untuk daerah dimana sungai terletak dipinggir kota, sehingga saluran cabang dikumpulkan pada saluran pengumpul.

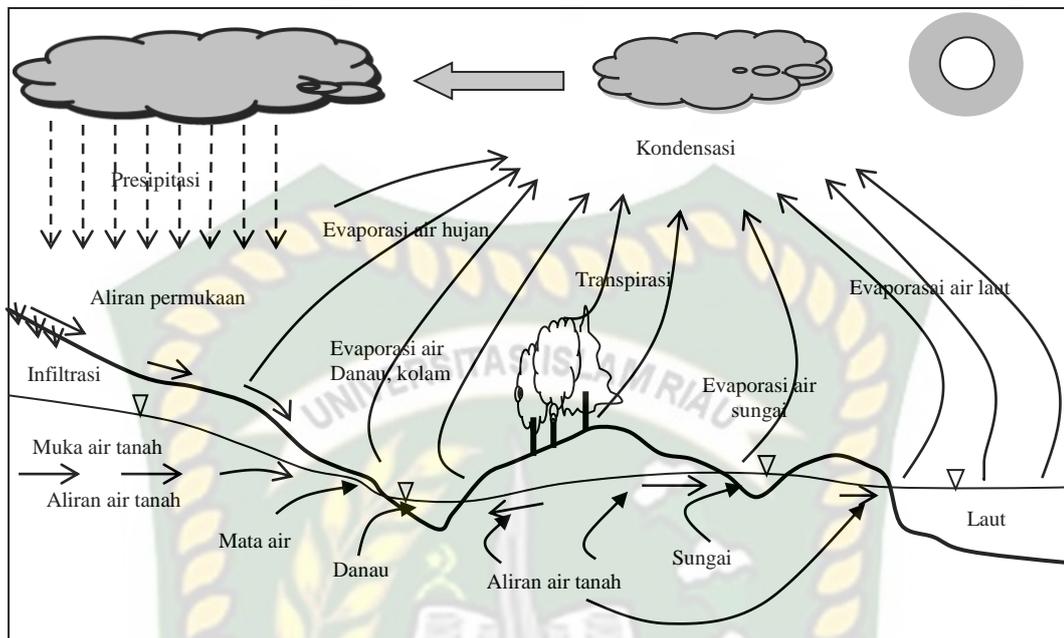


Gambar 3.9 Pola Jaringan Drainase *Grid Iron* (Hasmar, 2004, dalam Prima 2015)

3.6 Aspek Hidrologi

Hidrologi merupakan suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam ini. Yang mana meliputi berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan-perubahannya diantara keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan penghidupan di planet bumi (Hardihardjaja, 1997, dalam Prima 2015).

Penguapan air laut terjadi karena adanya radiasi matahari (*evaporasi*), dan awan yang terjadi oleh uap air, bergerak diatas daratan karena didesak oleh angin. *Presipitasi* yang terjadi karena adanya tabrakan antara butir-butir uap air, dapat berbentuk hujan atau salju yang jatuh ketanah membentuk limpasan air permukaan (*run off*). Limpasan air permukaan ini sebagian meresap kedalam tanah (*infiltrasi*) dan bergerak terus kebawah (*perkolasi*) kedalam daerah jenuh yang terdapat dibawah permukaan air tanah. Air yang merembes kedalam tanah memberikan kehidupan kepada tumbuh-tumbuhan dan beberapa diantaranya naik keatas lewat akar, batang dan mengalami penguapan (*evapotranspirasi*). Sisa air yang tidak diserap kedalam tanah atau diuapkan mengalir sebagai limpasan permukaan yang terkumpul pada sungai, danau, dan selanjutnya mengalir kembali ke laut. Dengan demikian seluruh siklus telah dijalani dan akan kembali. Siklus ini secara skematik dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Siklus Hidrologi (Suripin ,2004)

Dari Gambar dapat dijelaskan siklus hidrologi adalah suatu gerakan baik ke udara akibat proses *evaporasi* yang kemudian jatuh ke permukaan tanah sebagai hujan dan kembali ke proses awal (Suripin, 2004). Berikut beberapa proses yang terjadi selama siklus hidrologi.

1. *Evaporasi*

Evaporasi adalah proses penguapan air yang berada di permukaan bumi, baik itu air laut, air danau, air sungai, air pada permukaan tanah dan juga air yang ada pada permukaan tumbuhan akibat sinar matahari (*evapotranspirasi*).

2. *Transpirasi*

Transpirasi adalah air yang dihisap oleh akar tumbuhan. Diteruskan lewat tubuh tanaman dan diuapkan kembali lewat *stomata* daun.

3. *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.

4. *Presipitasi*

Presipitasi adalah proses turunnya air hujan dari hasil *kondensasi*. Awan hitam yang mengandung butir-butir air ini ditiup oleh angin sehingga butir-butir air tersebut kembali jatuh ke permukaan bumi. Jika air jatuh berbentuk cair maka disebut hujan (*rainfall*) dan jika dalam bentuk padat disebut salju (*snow*).

5. 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.

6. *Infiltrasi*

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

7. *Perkolasi*

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

Menurut Suripin (2004) Hujan merupakan factor terpenting dalam analisis hidrologi. Intensitas hujan yang tinggi pada suatu kawasan hunian yang kecil dapat mengakibatkan genangan air pada permukaan tanah, karena fasilitas drainase tidak didesain untuk mengalirkan air akibat intensitas hujan yang tinggi. Oleh karena itu masih banyak terjadi genangan air disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi yang mengakibatkan bencana. Analisis dan desain hidrologi tidak hanya memerlukan volume atau ketinggian hujan, tetapi juga distribusi hujan terhadap tempat dan waktu. Distribusi hujan terhadap tempat disebut *hytograph*, dengan kata lain adalah grafik intensitas hujan atau ketinggian hujan terhadap waktu.

Karakteristik hujan yang perlu ditinjau dalam analisis dan perencanaan hidrologi meliputi:

1. Intensitas I , adalah laju hujan = tinggi air persatuan waktu, misalnya mm/menit, mm/jam atau mm/hari.
2. Lama waktu (durasi) t , adalah panjang waktu dimana hujan turun dalam menit atau jam.
3. Tinggi hujan d , adalah jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan dan dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar dalam mm
4. Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (*return period*) T , misalnya sekali dalam 2 tahun.
5. Luas adalah luas geografis daerah sebaran hujan.

Didalam alam, air mengalami siklus yang disebut siklus air. Hujan turun ke bumi. Sebagian air itu langsung menguap, sebagian mengalir di atas permukaan sebagai danau, sungai dan laut. Air sungai, danau dan laut mengalami penguapan. Sebagian lagi meresap kedalam tanah dan menjadi air simpanan. Air itu ada yang meresap oleh tumbuhan dan menguap, ada pula yang keluar sebagai mata air dan mengalir sebagai air permukaan. Air permukaan penguapan. Uap yang terbawa angin keatas mengembun menjadi awan dan awan menjadi hujan.

3.7 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (ekstrim), seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrim berbanding terbalik 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 bergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik.

Menurut Syafrianto, dkk (2014) analisa frekuensi curah hujan adalah memilih distribusi yang mewakili sifat-sifat statistik sebaran data debit aliran sungai atau data curah hujan. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. 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.

Menurut Soemarto (1999), Analisa frekuensi dimaksudkan untuk menentukan jenis distribusi yang sesuai dengan data yang tersedia untuk memperoleh curah hujan rencana. Pemilihan jenis distribusi curah hujan yang sesuai berdasarkan pada nilai koefisien asimetri, koefisien variasi, koefisien kurtosis yang diperoleh dari harga tabel parameter statistik dengan persamaan.

Curah hujan rata-rata (\bar{X}):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:

n = jumlah data yang di analisis

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

x_i = curah hujan (mm)

Standar Deviasi (S):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Koefisien Variasi, (C_v):

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

- C_v = koefisien variansi
 \bar{x} = curah hujan rata-rata (mm)
 S = standar deviasi (mm)

Koefisien Asimetri atau Kemencengan, (C_s):

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana:

- C_s = koefisien kemencengan
 n = jumlah data yang dianalisis
 x_i = curah hujan (mm)
 \bar{x} = curah hujan rata-rata (mm)
 s = standar deviasi (mm)

Koefisien Kurtosis, (C_k) :

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

- C_k = koefisien kurtosis
 n = jumlah data yang dianalisis
 x_i = curah hujan (mm)
 \bar{x} = curah hujan rata-rata (mm)
 s = standar deviasi (mm)

Syarat yang harus digunakan untuk distribusi adalah .

- Apabila Harga $C_s =$ bebas, $C_k =$ bebas, maka distribusi yang dipakai adalah distribusi *Log Pearson type III*.
- Apabila harga koefisien Asimetri mendekati tiga kali besar variansi ($C_s = 3$ kali C_v) maka distribusi yang dipakai adalah distribusi Log Normal.

- c. Apabila harga $C_s = 1,1369$, $C_k = 5,4002$, maka distribusi yang dipakai adalah distribusi *Gumbel*.
- d. Apabila harga $C_s = 0$, maka distribusi yang dipakai adalah distribusi Normal.

Penentuan curah hujan rencana diperlukan untuk ditransformasikan menjadi debit rencana. Secara definisi curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi disuatu daerah pada periode ulang tertentu yang dipakai sebagai dasar perhitungan perencanaan suatu bangunan.

3.8 Distribusi Frekuensi

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi:

1. Distribusi Normal

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

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

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 3.1.

Tabel 3.1 Nilai Variabel Reduksi Gauss (Suripin, 2004)

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3.05
2	1,005	0,995	-2.58
3	1,010	0,990	-2.33
4	1,050	0,950	-1.64
5	1,110	0,900	-1.28
6	1,250	0,800	-0.84
7	1,330	0,750	-0.67
8	1,430	0,700	-0.52
9	1,670	0,600	-0.25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0.25
12	3,330	0,300	0.52
13	4,000	0,250	0.67
14	5,000	0,200	0.84
15	10,000	0,100	1.28
16	20,000	0,050	1.64
17	50,000	0,020	2.05
18	100,000	0,010	2.33
19	200,000	0,005	2.58
20	500,000	0,002	2.88
21	1000,000	0,001	3.09

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:

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

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:

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

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:

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

Dimana:

Y_n = *Recuded 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 3.2.

Tabel 3.2 *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 3.3.

Tabel 3.3 *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:

$$Y_{Tr} = -1n \left\{ \frac{T_r - 1}{T_r} \right\}$$

Untuk mempermudah perhitungan, nilai Y_{Tr} juga dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 *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
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

4. Metode *Log Pearson Type 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. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun diubah dalam bentuk logaritma.
2. Hitung rata-rata logaritma dengan rumus :

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n} \dots\dots\dots(3.10)$$

3. Hitung simpangan baku dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{log } X_i - \text{Log}\bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.11)$$

4. Hitung Koefisien Mencengan dengan rumus :

$$C_s = \frac{nx \sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log} \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(3.12)$$

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

$$\log X_T = \log \bar{x} + K_s \dots\dots\dots(3.13)$$

Dengan harga *G* diperoleh berdasarkan harga *C_s* dan tingkat probabilitasnya.

Curah hujan rencana dengan periode tertentu adalah harga antilog *X_T* dimana :

Log X_T = Logaritma curah hujan rencana dengan kala ulang tahun

Log \bar{X} = Rata-rata logaritma data

n = Banyaknya tahun pengamatan

St = Standar deviasi

C_s = Koefisien kepengcengan

G = Koefisien frekuensi

K_s = variabel standar x, besarnya tergantung koefisien kemencengan *C_s*, adapun nilai *K* untuk distribusi Log-Pearson III dapat dilihat pada Tabel 3.5

Besarnya harga *G* berdasarkan nilai *C_s* dan tingkat probabilitasnya dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 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

Lanjutan Tabel 3.5

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
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
-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

3.9 Kala Ulang Minimum

Perencanaan dalam mengatasi drainase pada umumnya ditentukan dengan suatu kala, misalnya 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun atau 100 tahun, sehingga drainase akan aman jika debit banjir yang terjadi tidak melebihi debit banjir rencana kala ulang tersebut. Disamping itu dalam perencanaan saluran drainase

periode ulang yang digunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan. Beberapa kriteria periode ulang diperlihatkan pada Tabel 3.6.

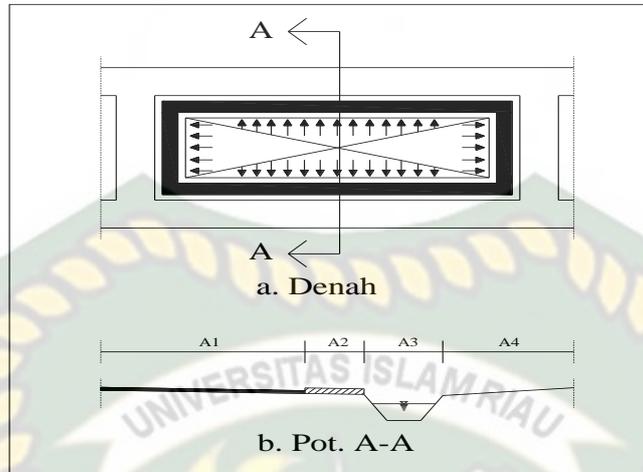
Tabel 3.6 Kriteria Periode Ulang (Notodihardjo, 1998)

Jenis Lahan / Guna Lahan	Periode Ulang
1. Jalan Tol	10 Tahun
2. Jalan Arteri	10 Tahun
3. Jalan Kolektor	10 Tahun
4. Jalan Biasa	10 Tahun
5. Perumahan	2 – 5 Tahun
6. Pusat Perdagangan	2 – 10 Tahun
7. Pusat Bisnis	2 – 10 Tahun
8. Landasan Terbang	4 Tahun

3.10 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Catchment area adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama. Supaya air dapat dialirkan dengan optimal dan efektif maka perlu ditentukan *cathment area*, sehingga sistem pengalirannya sesuai dengan kondisi *catchment area* yang telah ditentukan. (Hidayat, 2010).

Untuk menentukan daerah tangkapan hujan (*Catchmen area*) sekitar drainase yang relatif datar, dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Catchmen Area* (Hidayat, 2010)

Keterangan Gambar 3.11

- A1 = Lebar badan Jalan (ditetapkan dari as jalan sampai bagian tepi perkerasan) x panjang saluran
- A2 = Lebar bahu jalan (ditetapkan dari tepi perkerasan yang ada sampai tepi bahu jalan) x panjang saluran
- A3 = lebar saluran x panjang saluran
- A4 = lebar batasan pengaliran warga x panjang saluran

3.11 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran (Suripin, 2004). Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(3.14)$$

$$t_o = \frac{\left(\frac{L}{Vt_d} \right)}{3600} \dots\dots\dots(3.15)$$

$$t_d = \frac{\left(\frac{L}{Vt_o} \right)}{3600} \dots\dots\dots(3.16)$$

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

n = angka kekasaran Manning,

S = Kemiringan lahan,

L = panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan (m),

L_s = panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m),

V = kecepatan aliran didalam saluran (m/det).

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 rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,80

Waktu konsentrasi ditentukan dengan menggunakan perkiraan kecepatan air seperti diperlihatkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Hubungan antara Jenis - Jenis Bahan dengan Kecepatan Aliran Air(V_0)
(Hadihardjaja, 1997)

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diizinkan (m/detik)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Jalan Aspal	0,90
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton bertulang	1,50

Kemiringan dasar saluran mempengaruhi kecepatan aliran air dalam saluran. Pada Tabel 3.9. berikut diperlihatkan hubungan kemiringan dasar saluran terhadap kecepatan aliran rata-rata.

Tabel 3.9 Hubungan antara Kemiringan Dasar Saluran dengan Kecepatan Saluran
(Hadihardjaja, 1997)

Kemiringan Rerata Dasar Saluran (%)	Kecepatan Rerata (m/det)
< 1,00 %	0,40
1,00 – 2,00	0,60
2,00 – 4,00	0,90
4,00 – 6,00	1,20
6,00 - 10,00	1,50
10,00 – 15,00	2,40

3.12 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah 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 berbeda – beda, tergantung dari lamanya curah hujan yang diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan , baik secara statistik maupun secara empiris. Besarnya intensitas hujan pada kondisi yang ditimbulkan sesuai dengan derajat hujannya, dapat dilihat pada Tabel 3.10

Tabel 3.10 Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan (Suripin, 2004)

Derajat Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 1,20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit.
Hujan lemah	1,20 – 3,00	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat <i>puddle</i> .
Hujan normal	3,00	Dapat dibuat <i>puddle</i> dan bunyi hujan kedengaran.
Hujan deras	18,0 – 60,3	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 hujan 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) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus (Suripin 2004).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{Tc} \right]^{2/3} \text{ mm / jam} \dots\dots\dots(3.17)$$

Dimana :

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

T_c = Lama waktu konsentrasi dalam jam

I = Intensitas hujan dalam mm/jam

3.13 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran permukaan (C) merupakan bilangan yang menunjukkan besarnya aliran permukaan dengan besarnya curah hujan yang dipengaruhi oleh tata guna lahan. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1, semakin baik kondisi lahan maka nilai $C \approx 0$ di artikan hampir semua air hujan yang terinfiltrasi. Jika kondisi daerah tangkapan semakin buruk maka nilai $C \approx 1$, di artikan bahwa sedikitnya air yang terinfiltrasi dan 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.

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

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. Laju infiltrasi menurun pada hujan yang terus menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Harga koefisien aliran permukaan untuk berbagai jenis kondisi tanah dan penggunaan lahan bisa diperoleh dari tabel 3.11.

Tabel 3.11 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
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, pekuburan	0,10-0,25

Lanjutan Tabel 3.11

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran (C)
Perniagaan	0,90-0,95
Datar 0-5%	0,10-0,40
Bergelombang 5-10%	0,25-0,50
Berbukit 10-30%	0,30-0,60

3.14 Analisa Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah air hasil aktifitas manusia berupa air buangan rumah tangga. Dalam perhitungan analisa debit air kotor, kita perlu mengetahui besarnya kebutuhan air penduduk dalam tiap-tiap wilayah yang ditinjau. Besarnya pemakaian air rata-rata per orang setiap hari menurut pedoman badan-badan kesehatan dibagi sesuai dengan jenis keperluannya, dapat dilihat pada Tabel 3.12

Tabel 3.12 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

Lanjutan Tabel 3.12

No	Penggunaan gedung	Pemakaian air	Satuan
16	Stasiun, Terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
17	Tempat beribadah	5	Liter/orang
18	Pasar	5	M ³ /gedung/hari

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). Dengan mengetahui jumlah pemakaian air, maka debit aliran air kotor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

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

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)

3.15 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. Untuk drainase perkotaan dan jalan raya biasanya debit rencana maksimum adalah 5 tahun. Penetapan debit banjir maksimum periode 5 tahun ini berdasarkan pertimbangan:

1. Resiko akibat genangan yang ditimbulkan oleh hujan relatif kecil di bandingkan dengan banjir yang ditimbulkan oleh luapan air sungai.

2. Luas lahan di perkotaan relatif terbatas apabila ingin direncanakan saluran yang melayani debit banjir maksimum periode ulang lebih besar dari 5 tahun.
3. Daerah perkotaan mengalami perubahan dalam periode tertentu sehingga mengakibatkan perubahan pada saluran drainase.

Menghitung besarnya debit rencana pada umumnya dilakukan dengan metode rasional. Hal ini 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:

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

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 3.13 dibawah ini.

Tabel 3.13 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

3.16 Kapasitas Saluran ($Q_{saluran}$)

Kapasitas aliran akibat hujan harus dialirkan melalui saluran drainase sampai ketitik hilir. Debit hujan yang di analisa menjadi debit aliran untuk mendimensi saluran, maka apabila dimensi drainase diketahui untuk menghitung debit saluran digunakan persamaan 3.21.

Debit saluran dalam rumus Manning (Suripin, 2004).

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(3.21)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_o^{1/2} \dots\dots\dots (3.22)$$

Dimana :

Q = Debit saluran (m³/det)

V = Kecepatan aliran (m/det)

A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari-jari hidrolis = A/P

P = Panjang penampang basah (m)

n = Koefisien kekasaran manning

S_o = Kemiringan dasar saluran

Besarnya nilai kekasaran dasar berdasarkan *Manning* dapat dilihat pada

Tabel 3.14

Tabel 3.14 Harga n untuk Rumus *Manning* (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
	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

Lanjutan Tabel 3.14

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
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
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

Kondisi debit pembuangan berfluktuasi sehingga perlu memperhatikan perihal kecepatan aliran (v) agar pada saat debit pembuangan kecil masih dapat mengangkut sedimen, dan pada saat debit besar aman dari erosi. Syarat yang berhubungan dengan aliran mantap merata disebut sebagai aliran normal.

Hubungan Kemiringan Selokan Samping Jalan (I) terhadap jenis material dapat dilihat pada tabel 3.15. berikut ini :

Tabel 3.15 Hubungan (I) dengan Jenis Material (Notodihardjo, 1998)

Jenis Material	Kemiringan selokan samping (I %)
Tanah asli	0,0 – 5,0
Kerikil	5,0 – 7,5
Pasangan	7,50

3.17 Kecepatan Minimum Yang Diizinkan

Kecepatan minimum yang di izinkan 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. Kecepatan 0,75 m/det bisa mencegah tumbuhnya tumbuhan yang dapat memperkecil daya angkut saluran (Muslim, 2012).

Kecepatan aliran tergantung dari jenis bahan material saluran, dapat dilihat pada Tabel 3.16.

Tabel 3.16 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

3.18 Dimensi Saluran

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

- a. Efisiensi hidrolis
- b. Kepraktisan saluran
- c. 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 maupun *chezy* 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.

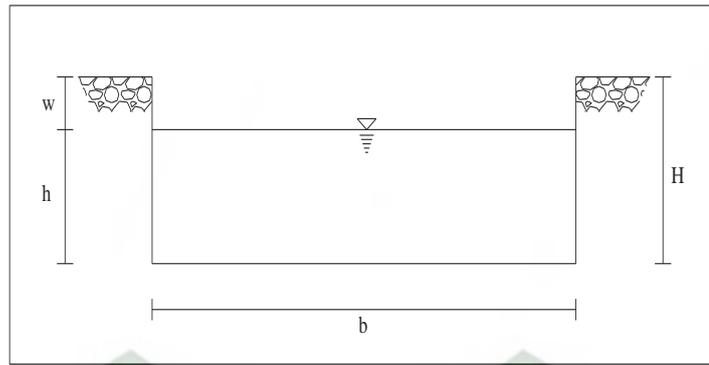
Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan kedalaman air h (Gambar 3.12), luas penampang basah (A) dan keliling basah (P) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = B \times h \dots\dots\dots (3.23)$$

atau,

$$B = \frac{A}{h} \dots\dots\dots (3.24)$$

Adapun bentuk penampang melintang saluran drainase berbentuk persegi dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Penampang Persegi (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

$$P = B + 2h \dots\dots\dots (3.25)$$

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

$$P = \frac{A}{h} + 2h \dots\dots\dots (3.26)$$

Dengan asumsi luas penampang (A) adalah konstan, maka persamaan (3.26) 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,

$$B = 2h \quad a = \frac{B}{2} \dots\dots\dots (3.27)$$

Jari-jari hidraulik

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

atau,

$$R = \frac{h}{2} \dots\dots\dots (3.28)$$

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

3.19 Tinggi Jagaan (*Freeboard*)

Yang dimaksud dengan tinggi jagaan (*freeboard*) dari suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul drainase sampai permukaan air pada kondisi debit rencana. Tinggi jagaan (*freeboard*) pada saluran drainase berfungsi untuk mencegah gelombang atau kenaikan muka air yang melimpah ke tepi saluran. Tinggi jagaan juga 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:

$$W = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots (3.29)$$