

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Umum**

Bab ini akan menjelaskan mengenai hal-hal yang dijadikan landasan untuk penelitian. Pedoman dan teori yang digunakan agar penelitian ini mempunyai landasan yang kuat sesuai dengan peraturan yang sudah dirumuskan dalam Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Cipta Karya) dan Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan Tahun 2006 (Departemen Pekerjaan Umum).

#### **3.2 Sistem Drainase**

Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai suatu cara untuk pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara - cara penanggulangan akibat yang timbul oleh kelebihan air tersebut. Secara umum didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan/lahan, sehingga dapat difungsikan secara optimal. (Suripin, 2004).

Saluran drainase dapat dibedakan menjadi dua yaitu saluran drainase permukaan dan saluran drainase bawah permukaan. Pada studi kasus ini, saluran yang diamati adalah saluran drainase permukaan (*surface drainage*). Adapun fungsi saluran drainase permukaan berdasarkan Petunjuk Desain Drainase Perkotaan Jalan NO. 008/BNKT/1990 Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Pembinaan Jalan Kota, yaitu :

1. mengalirkan air hujan/ air secepat mungkin keluar dari permukaan jalan dan selanjutnya dialirkan lewat saluran samping menuju saluran pembuangan akhir,
2. mencegah aliran yang berasal dari daerah pengaliran disekitar jalan masuk ke daerah perkerasan jalan, dan
3. mencegah kerusakan lingkungan disekitar jalan akibat aliran air.

Garis besar perencanaan selokan atau saluran drainase samping mencakup (tiga) tahap proses sebagai berikut.

1. Analisis hidrologi.
2. Perhitungan hidrolika.
3. Gambar rencana.

### 3.2.1 Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan/ terapan adalah ilmu drainase yang diterapkan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota. (Hasmar, 2002).

Drainase perkotaan/ terapan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi (Hasmar, 2002) :

1. permukiman,
2. kawasan industri dan perdagangan,
3. kampus dan sekolah,
4. rumah sakit dan fasilitas umum,
5. lapangan olahraga,
6. lapangan parkir,
7. instasi militer, listrik, telekomunikasi, dan
8. pelabuhan udara.

Permasalahan drainase perkotaan bukanlah hal yang sederhana. Banyak faktor yang mempengaruhi dan pertimbangan dalam perencanaan, antara lain.

1. Peningkatan debit

Manajemen sampah yang kurang baik memberi kontribusi percepatan pendangkalan/ penyempitan saluran dan sungai. Kapasitas sungai dan saluran

drainase menjadi berkurang, sehingga tidak mampu menampung debit yang terjadi, air meluap, dan terjadilah genangan.

2. Peningkatan jumlah penduduk

Meningkatnya jumlah penduduk perkotaan yang sangat cepat, akibat dari pertumbuhan maupun urbanisasi. Peningkatan jumlah penduduk selalu diikuti oleh penambahan infrastruktur perkotaan, disamping itu peningkatan penduduk juga selalu diikuti oleh peningkatan limbah, baik limbah cair, maupun sampah.

3. Amblesan tanah

Disebabkan oleh pengambilan air tanah yang berlebihan, mengakibatkan beberapa bagian kota berada dibawah muka air laut pasang.

4. Penyempitan dan pendangkalan saluran.

5. Reklamasi.

6. Limbah sampah dan pasang surut.

### 3.2.2 Drainase Jalan Raya

Salah satu aspek terpenting dalam perencanaan jalan raya adalah melindungi jalan dari air permukaan dan air tanah, sehingga drainase merupakan salah satu faktor terpenting dalam perencanaan pekerjaan jalan. Genangan air dipermukaan jalan memperlambat kendaraan dan memberikan andil terjadinya kecelakaan akibat terganggunya pandangan oleh cipratan dan semprotan air. Kondisi ketika air memasuki struktur jalan, perkerasan jalan, dan tanah dasar (*subgrade*) menjadi lemah, akan menyebabkan konstruksi jalan lebih peka terhadap kerusakan arus lalu lintas (Suripin, 2004).

Kecepatan air yang besar pada saat terjadi genangan menyebabkan erosi yang berakibat pada keruntuhan jalan dan/ jembatan. Di sisi lain, kecepatan air yang rendah pada bangunan – bangunan drainase mendorong adanya sedimentasi yang mengakibatkan terjadinya penyempitan dan penyumbatan (Suripin, 2004).

Drainase jalan raya dibedakan untuk perkotaan dan luar kota. Umumnya diperkotaan dan luar perkotaan, drainase jalan raya selalu mempergunakan drainase muka tanah (*surface drainage*). Di perkotaan saluran muka tanah selalu ditutup sebagai bahu jalan atau trotoar. Walaupun juga sebagaimana diluar perkotaan, ada

juga saluran drainase muka tanah tidak tertutup (terbukan lebar), dengan sisi atas saluran rata dengan muka jalan sehingga air dapat masuk dengan bebas. Drainase jalan raya diperkotaan elevasi sisi atas selalu lebih tinggi dari sisi atas muka jalan. Air masuk ke saluran melalui inlet. Untuk jalan raya yang lurus, kemungkinan letak saluran pada sisi kiri dan sisi kanan jalan. Jika jalan ke arah lebar miring ke arah tepi, maka saluran akan terdapat pada sisi jalan atau pada bahu jalan, sedangkan jika kemiringan arah lebar jalan ke arah median jalan maka saluran akan terdapat pada median jalan tersebut. Jika jalan tidak lurus, menikung, maka kemiringan jalan menikung ini menyebabkan saluran hanya pada satu sisi jalan yaitu sisi yang rendah.

### **3.3 Analisis Hidrologi**

#### **3.3.1 Umum**

Analisis hidrologi adalah menafsirkan probabilitas suatu kejadian yang akan datang berdasarkan data hidrologi yang diperoleh pada pencatat yang telah lampau. Hasil analisis hidrologi adalah besarnya debit air yang harus ditampung oleh saluran drainase samping. Selanjutnya atas dasar debit yang diperoleh maka dimensi saluran drainase samping dapat direncanakan berdasarkan analisa/ perhitungan hidrolika.

#### **3.3.2 Daerah Aliran Sungai**

Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak – anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. (PP No. 37, 2012). DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis – garis kontur. Garis – garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik – titik tertinggi dan bergerak menuju titik – titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis – garis kontur. Pada umumnya semakin besar DAS, maka semakin

besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran atau debit sungai.

### 3.3.3 Hujan

Penentuan hujan pada suatu daerah aliran sungai menggunakan data curah hujan yang bersumber dari stasiun hujan pada suatu titik atau kawasan.

#### 1. Hujan Titik

Analisis curah hujan titik adalah analisa data hujan yang dikumpulkan oleh satu stasiun sebagai individu. Karakteristik data hujan yang dibutuhkan adalah, intensitas hujan persatuan waktu, frekuensi atau banyaknya kejadian hujan pada selang waktu tertentu, distribusi daerah persebaran hujan, dan durasi atau lamanya hujan pada tiap kejadian.

#### 2. Hujan Kawasan

Curah hujan yang diperlukan untuk menentukan profil muka air sungai dan rancangan suatu drainase adalah curah hujan rata – rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan disebut curah hujan wilayah atau daerah dinyatakan dalam milimeter (mm).

Menentukan curah hujan rerata harian maksimum daerah dilakukan berdasarkan pengamatan beberapa stasiun pencatat hujan. Perhitungan curah hujan rata – rata maksimum ini dapat menggunakan beberapa metode, diantaranya menggunakan metode :

- a. Metode rata – rata Aljabar
- b. Metode garis Isohet
- c. Metode Poligon Thiessen

### 3.3.4 Periode Ulang

Periode ulang (*return priod*) dapat diidentifikasi sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan besaran tertentu yang akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Berdasarkan pada data debit atau hujan diharapkan bahwa terjadinya disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun (Triatmodjo, 2008).

Periode ulang pada analisis frekuensi menunjukkan interval waktu antara kejadian – kejadian sehingga perhitungan periode ulang dapat digunakan Persamaan (3.1). Probabilitas suatu kejadian akan disamai atau dilampaui dapat dikatakan bahwa probabilitas suatu kejadian atau peristiwa akan terjadi dalam satu tahun.

$$P(Q \geq Q_T) = \frac{1}{T} \quad (3.1)$$

Dengan :

T = Tahun tertentu

Q = Debit aliran m<sup>3</sup>/s

Q<sub>T</sub> = Debit aliran pada tahun tertentu m<sup>3</sup>/s

Probabilitas dapat diartikan sebagai sejumlah kejadian dan variat atau diskret dibagi dengan jumlah total dari variat adalah satu, dan distribusi dari probabilitas semua variat disebut distribusi probabilitas. Besarnya peluang atau probabilitas bahwa debit Q akan terjadi paling tidak satu kali dalam n tahun yang berurutan adalah :

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (3.2)$$

Dengan :

R = Probabilitas

n = umur rencana tahun

T = Periode ulang dari suatu kejadian

Penetapan kala ulang pada perencanaan saluran drainase penting dilakukan. Dalam perencanaan saluran drainase terdapat standar kala ulang yang digunakan. Standar kala ulang yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	<10	10-100	101-500	>500
Kota Metropolitan	2 th	2-5 th	5-10 th	10-25 th
Kota Besar	2 th	2-5 th	2-5 th	5-20 th
Kota Sedang	2 th	2-5 th	2-5 th	5-10 th
Kota Kecil	2 th	2 th	2 th	2-5 th

Sumber : Direktorat Jenderal Cipta Karya (2012)

### 3.3.5 Analisis Frekuensi

Menurut Sri Harto (1993), analisis frekuensi adalah suatu analisa data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan untuk memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu.

#### 1. Parameter Statistik

Menurut Triatmodjo (2008), dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data. yang dapat dilihat pada Persamaan 3.3, Persamaan 3.4, Persamaan 3.5, Persamaan 3.6, dan Persamaan 3.7.

##### a. Menentukan rata – rata

$$x_{rt} = \frac{1}{n} \sum x_i \quad (3.3)$$

##### b. Menghitung standar deviasi

$$s = \sqrt{\left[ \frac{1}{n-1} \sum (x_i - x_{rt})^2 \right]} \quad (3.4)$$

##### c. Menghitung koefisien variasi

$$c_v = \frac{s}{x} \quad (3.5)$$

##### d. Menghitung koefisien kemencengan

$$c_s = \frac{n \sum (x_i - x_{rt})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (3.6)$$

##### f. Menghitung koefisien kurtosis

$$c_k = \frac{n^2 \sum (x_i - x_{rt})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \quad (3.7)$$

Dengan :

$X_{rt}$  = Data Rerata

$X_i$  = Variabel Random

$n$  = Jumlah Data

#### 2. Distribusi Sebaran

Distribusi data dapat ditentukan menggunakan grafik GW Keith atau dengan tabel parameter statistik (Triatmodjo, 2008). Distribusi yang dapat digunakan ada persyaratannya, berikut ini persyaratan yang digunakan.

a. Distribusi Normal

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

$$x_t = x + K_T S \quad (3.8)$$

Dengan :

$$K_T = \frac{x_t - x_{rt}}{S} \quad (3.9)$$

Dengan :

$x_t$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  
T-tahunan

$x_{rt}$  = Nilai rata – rata hitung varian

S = Deviasi standar nilai varian

$K_T$  = Faktor frekuensi

Nilai Probabilitas Kumulatif Distribusi Normal Standar dapat dilihat pada Lampiran 2.

b. Distribusi Log Normal

Menurut Singh (1992), dalam distribusi Log Normal data x diubah kedalam bentuk logaritmik  $y = \log x$ . Jika variabel acak  $y = \log x$  terdistribusi secara normal, maka x dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. Untuk distribusi Log Normal perhitungan curah hujan rencana menggunakan Persamaan 3.10.

$$y_t = y + K_T S \quad (3.10)$$

Dengan :

$y_t$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  
T-tahun

y = Nilai rata-rata hitung varian

S = Deviasi standar nilai varian

c. Distribusi Gumbel



Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan Persamaan 3.11.

$$x_t = x_{rt} + K_T S \quad (3.11)$$

Dengan :

$x_{rt}$  = Nilai rata-rata

$S$  = Standar deviasi

$K_T$  = Faktor frekuensi

d. Distribusi Log Person III

Distribusi Log Pearson Tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi Log Pearson Tipe III merupakan hasil dari transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan mengganti varian menjadi nilai logaritma. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak  $n$  tahun diubah dalam bentuk logaritma. Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan Log Pearson Type III ditunjukkan pada Persamaan 3.12, Persamaan 3.13, Persamaan 3.14, Persamaan 3.15, dan Persamaan 3.16 (Soemarto, 1999).

i. Ubah data ke bentuk logaritmik

$$y_i = \log x_i \quad (3.12)$$

ii. Hitung harga rata – rata

$$y_{rt} = \frac{\sum y_i}{n} \quad (3.13)$$

iii. Hitung simpangan baku

$$S = \sqrt{\frac{\sum (y_{rt} - y_i)^2}{n - 1}} \quad (3.14)$$

iv. Hitung koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{n \sum (y_i - y_{rt})^3}{(n - 1)(n - 2) S^3} \quad (3.15)$$

v. Mencari nilai  $K$  berdasarkan  $C_s$

vi. Hitung logaritma hujan dengan periode ulang  $T$

$$y_t = y_{it} + K_T S_Y \quad (3.16)$$

Nilai KT Untuk Distribusi Pearson III dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Lampiran 4.

### 3. Uji kecocokan

Uji data dapat dilakukan dengan menggunakan uji Chi Kuadrat (Triatmojo, 2008). Uji Chi Kuadrat yaitu menggunakan  $x^2$  yang dihitung dengan Persamaan (3.20).

$$x^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Of - Bf)^2}{Bf} \quad (3.17)$$

Dengan :

$x^2$  = Nilai Chi Kuadrat terhitung

Bf = Frekuensi (banyaknya pengamatan) yang diharapkan  
sesuai dengan pembagian kelasnya

Of = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

n = Jumlah sub kelompok dalam satu grup

Nilai  $x^2$  harus lebih kecil dibandingkan nilai  $x^2$  cr (Chi Kuadrat kritik), dan derajat nyata yang sering digunakan adalah 5%. Derajat kebebasan pada pengujian Chi Kuadrat ditunjukkan pada Persamaan (3.18).

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (3.18)$$

Dengan :

DK = Derajat kebebasan

K = Banyaknya kelas

$\alpha$  = Banyak parameter, untuk uji Chi Kuadrat adalah 2.

Harga  $x^2$  untuk berbagai nilai DK dan  $\alpha$  dapat dilihat pada Lampiran 5.

#### 4. Hujan Rancangan

Dari analisis frekuensi didapat hujan rancangan dengan persamaan 3.19 berikut ini.

$$R_T = \bar{R} + K_T S \quad (3.19)$$

Dengan :

$R_T$  = hujan rancangan (mm)

$\bar{R}$  = nilai rata-rata hujan

$S$  = standar deviasi

$K$  = faktor frekuensi

##### 3.3.6 Debit Rancangan dengan Metode Rasional

Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) kecil dapat diperkirakan dengan menggunakan metode rasional. Suatu DAS disebut kecil apabila distribusi hujan dapat dianggap seragam dalam ruang dan waktu, biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi. Metode rasional hanya digunakan pada daerah pengalir yang kecil atau sempit yaitu sekitar 500 ha (Suripin, 2004). Pemakaian metode rasional sangat sederhana, dan sering digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan. Beberapa parameter hidrologi yang diperhitungkan adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas DAS, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi, tampungan permukaan) dan konsentrasi aliran. Metode rasional didasarkan pada persamaan 3.20 berikut :

$$Q_p = 0,2778 \times C \times I \times A \quad (3.20)$$

Dengan :

$Q_p$  = debit puncak yang merupakan  $Q$  rancangan ( $m^3/s$ )

$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$A$  = luas daerah ( $km^2$ )

$C$  = koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan, yang nilainya dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Koefisien Aliran C**

Tipe Daerah Aliran	C
Rerumputan	
Tanah pasir, datar, 2%	0,50 – 0,10
Tanah pasir, sedang, 2-7%	0,10 – 0,15
Tanah pasir, curam, 7%	0,15 – 0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13 – 0,17
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18 – 0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 – 0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75 – 0,95
Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Daerah single family	0,30 – 0,50
Multi unit terpisah	0,40 – 0,60
Multi unit tertutup	0,60 – 0,75
Suburban	0,25 – 0,40
Daerah apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Daerah ringan	0,50 – 0,80
Daerah berat	0,60 – 0,90
Taman, kuburan	0,10 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,25
Halaman kereta api	0,20 – 0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
Jalan : beraspal	0,70 – 0,95
Beton	0,80 – 0,95
batu	0,70 – 0,85
Atap	0,75 – 0,95

Sumber : Triatmodjo (2008)

Koefisien aliran permukaan didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor ini merupakan variabel yang paling menentukan hasil perhitungan debit banjir. Pemilihan harga C yang tepat memerlukan pengalaman hidrologi yang luas. Faktor utama yang mempengaruhi C adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Permukaan kedap air, seperti perkerasan aspal dan atap bangunan, akan menghasilkan aliran hampir 100% setelah permukaan menjadi basah, seberapa pun kemiringannya.

Koefisien limpasan ditentukan pada masing – masing penggunaan lahan, dan kemudian dihitung pula untuk keseluruhan luasan sub Daerah Tangkapan Air menggunakan nilai komposit pada Persamaan (3.21).

$$C_{\text{komposit}} = \frac{\sum(C \times A)}{A_{\text{total}}} \quad (3.21)$$

Dengan :

C = Koefisien limpasan penggunaan lahan tertentu

A = Luas penggunaan lahan tertentu (ha atau km<sup>2</sup>)

A<sub>total</sub> = Luas total sub Daerah Tangkapan Air (ha atau km<sup>2</sup>)

Koefisien limpasan juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi menurun pada hujan yang terus menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Faktor lain yang mempengaruhi nilai C adalah air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah, dan simpanan depresi.

Untuk mendapatkan intensitas hujan (I) dapat menggunakan curah hujan maksimum dari rumus Mononobe sebagai berikut.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.22)$$

Dengan :

I<sub>t</sub> = intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam)

$t_c$  = waktu konsentrasi

$R_{24}$  = hujan rancangan (mm)

### 3.3.7 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi ( $t_c$ ) suatu DAS adalah waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi – depresi kecil terpenuhi (Suripin, 2004). Dalam hal ini maka setiap DAS secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) dalam buku Triatmodjo (2008), yang dapat ditulis pada persamaan 3.23.

$$t_c = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S_o} \right)^{0,385} \quad (3.23)$$

Dengan :

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$L$  = Panjang lintasan aliran di saluran (km)

$S_o$  = Kemiringan saluran

Kemiringan saluran ( $S_o$ ) diperoleh dari data elevasi pada peta kontur ataupun pengukuran di lapangan dengan *theodolit* dan jarak horizontal didapatkan dari hasil observasi. Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum dapat dihitung dengan Persamaan 3.24

$$S_o = \frac{\text{El. Hulu} - \text{El. Hilir}}{L} \quad (3.24)$$

Dengan :

$S_o$  = Kemiringan saluran

$L$  = Panjang Lintasan (m)

### 3.4 Kapasitas Saluran (Qc)

#### 3.4.1 Tinggi jagaan (W)

Tinggi jagaan atau freeboard adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi debit rencana. Tinggi jagaan atau freeboard pada saluran drainase berfungsi untuk mencegah gelombang atau kenaikan muka air yang melimpah ke tepi saluran drainase. Pada umumnya semakin besar debit yang diangkut, semakin besar pula tinggi jagaan atau freeboard yang harus disediakan. Perhitungan tinggi jagaan atau freeboard untuk saluran drainase jalan bentuk trapesium dan segi empat dapat dilihat pada Persamaan 3.25 (pedoman perencanaan drainase jalan, 2006).

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \quad (3.25)$$

Dengan :

W = Tinggi jagaan (m)

h = Kedalaman air yang tergenang dalam saluran (m)

#### 3.4.2 Kapasitas Saluran Drainase

Kapasitas saluran drainase dihitung berdasarkan kondisi penampang melintang, saluran drainase pada lokasi penampang yang ditentukan. Kapasitas saluran drainase diukur pada setiap titik yang mewakili masing – masing daerah tangkapan air. Analisis dimensi saluran drainase dapat dilakukan dengan memperhitungkan hidrolika saluran yaitu dengan perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting dan rencana dilakukan dengan menggunakan rumus Manning yang merupakan dasar dalam menentukan saluran drainase. Perhitungan kapasitas saluran drainase dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.26, Persamaan 3.27, dan Persamaan 3.28.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S_0^{\frac{1}{2}} \quad (3.26)$$

$$Q_c = V \times A \quad (3.27)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.28)$$

Dengan :

V = Kecepatan aliran dalam saluran drainase (m/s)

R = Radius hidrolis (m)

S<sub>o</sub> = Kemiringan saluran drainase

A = Luas penampang basah saluran drainase (m<sup>2</sup>)

P = Keliling basah saluran drainase (m)

Q<sub>c</sub> = Debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

n = Koefisien kekasaran manning

Koefisien kekasaran Manning ditentukan berdasarkan klasifikasi Dinas Bina Marga (1990) pada Tabel 3.3 untuk perencanaan saluran drainase. Klasifikasi nilai n Manning dari Bina Marga dalam penelitian ini hanya diambil untuk saluran drainase yang buatan saja, karena seluruh saluran drainase di daerah tangkapan air di Dusun Kimpulan, Desa Sadonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta merupakan saluran drainase buatan.

**Tabel 3.3 Harga N Manning Untuk Saluran Drainase Buatan**

No	Tipe Saluran Buatan	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,02	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,03	0,04
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,023	0,04	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,04	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh - tumbuhan	0,025	0,03	0,035	0,04
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran dari batu	0,028	0,03	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,02	0,025	0,028	0,03

Sumber : Dinas Bina Marga (1990)

#### 3.4.3 Ketentuan Perencanaan Sistem Drainase

Perhitungan dimensi saluran drainase perkotaan dan jalan raya dianjurkan memperhatikan hal-hal berikut (Wesli, 2008).

1. Teknis dan estetika, saluran drainase direncanakan dengan lapisan/ pasangan tahan erosi.



2. Saluran drainase dengan pasangan ini (baja, semen, beton, pasangan batu, kayu, bata, dan aspal) kecepatan aliran maksimum yang dapat menyebabkan erosi tidak dipertimbangkan. Demikian juga dengan kecepatan yang dapat menimbulkan tumbuhnya vegetasi, yaitu  $V_{\min} = 0.6$  m/det dapat juga diabaikan karena dengan asumsi saluran drainase dipelihara dan dibersihkan.
3. Saluran drainase penampang hidrolis terbaik, yaitu suatu penampang dengan luas terkecil untuk suatu debit tertentu.

### **3.5 Sumur Resapan**

#### 3.5.1 Umum

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah (Sunjoto, 1988). Sumur resapan digali dengan kedalaman diatas muka air tanah. Prinsip kerja sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam lubang atau sumur agar air dapat sedikit demi sedikit meresap ke dalam tanah. Sehingga, air akan lebih banyak masuk ke dalam tanah dan sedikit yang mengalir sebagai aliran permukaan (*run off*).

#### 3.5.2 Jenis – Jenis Sumur Resapan

##### 1. Sumur Resapan Dangkal

Sumur resapan dangkal dapat diaplikasikan apabila elevasi tanah berada lebih dari 3 meter di atas permukaan tanah sehingga dasar sumur resapan terletak di atas permukaan air tanah. Bentuk dan jenis bangunan sumur resapan dapat berupa bangunan sumur resapan air yang dibuat segiempat atau silinder.

##### 2. Sumur Resapan Dalam

Sumur resapan dalam tidak dikembangkan di semua tanah, khususnya daerah yang mempunyai muka air tanah yang sangat dangkal. Jika dalam kondisi demikian perlu dicari jalan lain, salah satunya dengan pengembangan sumur resapan dalam. Sumur resapan dalam dialirkan untuk mengisi air pada akuifer tertekan yang biasanya terletak jauh di bawah permukaan.

### 3.5.3 Persyaratan Umum Sumur Resapan Air Hujan

Persyaratan umum yang harus dipenuhi terdapat pada SNI 03-2453-2002 yang merupakan revisi SNI 03-2453-1991 tentang “Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan”. Hal – hal yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

1. sumur resapan air hujan ditempatkan pada lahan yang relatif datar, mempunyai beda ketinggian antara 0,03% atau 3%,
2. air yang masuk ke dalam sumur resapan adalah air hujan yang tidak tercemar,
3. penempatan sumur resapan air hujan harus mempertimbangkan keamanan bangunan sekitarnya,
4. harus memperhatikan peraturan daerah setempat, dan
5. hal – hal yang tidak memenuhi ketentuan ini harus disetujui instansi yang berwenang.

### 3.5.4 Persyaratan Teknis Sumur Resapan

Persyaratan teknis yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

1. Kedalaman air tanah  
Kedalaman air tanah minimum 1,50 m pada musim hujan

2. Permeabilitas tanah

Untuk mencari nilai permeabilitas tanah dapat menggunakan perhitungan pengukuran kelulusan air pada tanah zone tak jenuh dengan menggunakan lubang Auger adalah sebagai berikut.

$$K = 1,15 \times r \times a \quad (3.28)$$

Dengan :

$K$  = nilai kelulusan tanah (cm/jam)

$r$  = jari - jari lubang pengukuran (cm)

$a$  = koefisien

Untuk mendapatkan nilai  $a$  dapat dilakukan dua cara pada persamaan 3.29 menggunakan cara grafis, sedangkan 3.30 menggunakan cara analitis.

$$a = \frac{\log\left(h(t_m) + \frac{r}{2}\right) - \log\left(h(t_n) + \frac{r}{2}\right)}{t_n - t_m} \quad (3.29)$$

$$a = \frac{N(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{N(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (3.30)$$

Dengan :

r = jari - jari lubang sumur (cm)

h (t<sub>i</sub>) = ketebalan air dalam sumur pada waktu t<sub>i</sub> (cm)

a = koefisien arah dari garis regresi antara  $\log \left( h(t_i) + \frac{r}{2} \right)$  dengan t<sub>i</sub>,

N = jumlah data

Y<sub>i</sub> =  $\log \left( h(t_i) + \frac{r}{2} \right)$

X<sub>i</sub> = t<sub>i</sub>, dan

t<sub>i</sub> = waktu sejak mulai pengujian sampai pada pengamatan ke-i (detik)

D = ketinggian standar acuan pengukuran dari dasar sumur (cm)

H (t<sub>i</sub>) = data pengukuran pada waktu ke- i (cm)

### 3. Jarak terhadap bangunan

Jarak pemempatan sumur resapan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4 Jarak Minimum Sumur Resapan Air Hujan terhadap Bangunan**

No	Jenis Bangunan	Jarak minimum	Keterangan
1	Sumur resapan air hujan/ sumur air bersih	3 m	Jarak diukur dari tepi ke tepi
2	Pondasi bangunan	1 m	
3	Bidang resapan/ sumur resapan tangki septik	5 m	

Sumber : SNI 03-2453-2002

### 3.5.5 Perhitungan Sumur Resapan Metode Sunjoto

Sunjoto (1988) mengusulkan rumus yang digunakan untuk dasar perhitungan kedalaman sumur resapan sebagai berikut :

$$H = \frac{Q}{F \times K} \left( 1 - e^{-\frac{F \times K \times T_d}{n \times \pi \times R^2}} \right) \quad (3.29)$$

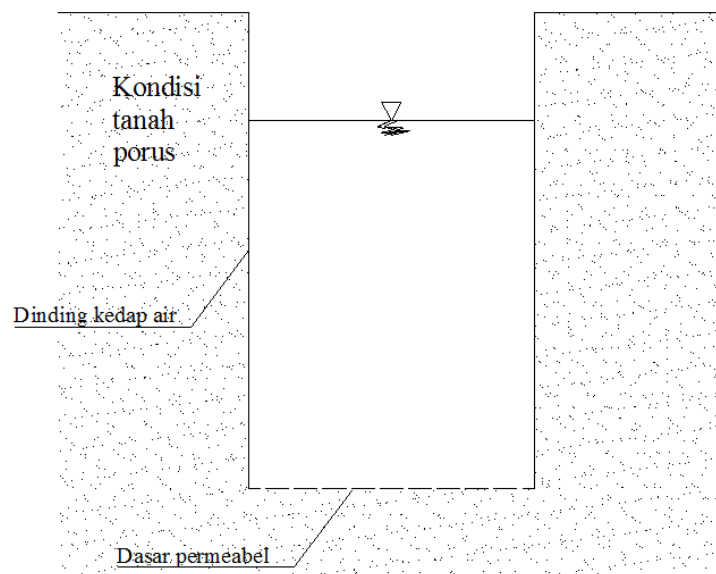
Dengan :

H = tinggi air dalam sumur (m)

- Q = debit air masuk  $m^3/s$   
 F = faktor geometrik  
 K = koefisien permeabilitas tanah (m/s)  
 T<sub>d</sub> = lama hujan dominan (s)  
 R = jari – jari sumur resapan (m)  
 n = porositas material pengisi ( $0 < n < 1$ )

### 3.5.6 Faktor Geometri

Faktor Geometri adalah suatu harga yang mewakili dari bentuk ujung sumur, tampang, radius, kekdapan, serta perletakkannya dalam lapisan tanah. Kondisi setiap sumur resapan mempunyai nilai faktor geometri yang berbeda – beda. Sumur resapan yang direncanakan pada penelitian ini yaitu kondisi dengan resapan terletak pada tanah yang seluruhnya porus dengan dinding sumur resapan yang kedap air dan dasar sumur rata permeabel. Kondisi ini dapat digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 3.1 Sketsa Kondisi Sumur Rencana**