

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Drainase perkotaan adalah sistem jaringan pembuangan di wilayah kota yang berfungsi mengelola dan mengendalikan air permukaan, sehingga tidak mengganggu bahkan merugikan bagi kehidupan masyarakat serta memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Secara prinsip sistem drainase berfungsi untuk mengelola air kelebihan dengan cara meresapkan sebanyak-banyaknya air ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan air ke badan air penerima, seperti sungai atau laut, tanpa melampaui kapasitas badan air yang ada.

Pada suatu sistem drainase perkotaan terdapat jaringan saluran drainase yang merupakan sarana drainase lateral berupa pipa, saluran tertutup dan saluran terbuka. Berdasarkan cara kerjanya saluran drainase terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu saluran pemotong, saluran pengumpul dan saluran pembawa.

- a. Saluran Pemotong (*interceptor*) adalah saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain di bawahnya. Saluran ini biasanya dibangun dan diletakkan pada bagian yang relatif sejajar dengan bangunan kontur.
- b. Saluran Pengumpul (*collector*) adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya akan dibuang ke saluran pembawa ini di bagian terendah pada suatu daerah tersebut sehingga secara efektif dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada.
- c. Saluran Pembawa (*conveyor*) adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa membahayakan daerah yang dilalui. Sebagai contoh adalah saluran banjir kanal atau sudetan-sudetan atau by pass yang bekerja khusus hanya mengalirkan air secara cepat sampai ke lokasi pembuangan.

2.2. Analisa Hidrologi

Perencanaan saluran drainase, baik drainase perkotaan, pertanian maupun drainase pasang surut sudah pasti membutuhkan analisa hidrologi, karena dalam perencanaan saluran drainase, salah satu komponen utama yang harus diperhitungkan adalah jumlah air yang masuk ke saluran drainase, seperti air hujan dan limbah rumah

tangga atau industri. Data-data tersebut dapat kita peroleh dengan analisa hidrologi, sehingga analisa hidrologi menjadi bagian penting dalam perencanaan saluran drainase.

Analisa ini diperlukan untuk menentukan jumlah air yang akan menambah besarnya debit buangan disamping jumlah air hujan di lokasi yang harus dibuang. Analisa-analisa itu meliputi (Suhardjono, 1984:6) :

1. Air Masuk (*inflow*)

Adalah air dari luar yang masuk atau melewati daerah pembangunan.

Terdiri dari :

- Jumlah hujan di daerah hulu

- Air buangan dari rumah-rumah penduduk

- Sumber-sumber air

2. Air Buangan

Air buangan berasal dari sarana dan prasarana perumahan.

3. Air Sedimen

Jumlah sedimen yang tersangkut dalam aliran perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi fungsi saluran. Besar kecilnya sedimen tergantung pada :

- Besar dan deras limpasan permukaan.

- Bentuk dan kemiringan permukaan tanah

- Jenis tanah

- Tanaman di permukaan tanah

- Bangunan-bangunan yang ada

2.2.1. Curah Hujan Rerata Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan daerah yang dinyatakan dalam milimeter (Sosrodarsono, 1985:27).

Untuk mendapatkan gambaran mengenai penyebaran hujan di seluruh daerah, di beberapa tempat tersebar pada DAS dipasang alat penakar hujan. Pada daerah aliran kecil kemungkinan hujan terjadi merata di seluruh daerah, tetapi tidak demikian pada daerah aliran yang besar, hujan di berbagai tempat pada DAS yang besar tidak sama, sedangkan pos-pos penakar hujan hanya mencatat hujan di suatu titik tertentu.

Pada umumnya untuk menghitung curah hujan daerah dapat digunakan standar luas daerah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1978:51):

1. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.

2. Untuk daerah tinjauan dengan luas antara 250 - 50.000 ha yang memiliki 2 atau 3 titik pengamatan dapat digunakan cara rata-rata aljabar.
3. Untuk daerah tinjauan dengan luas antara 120.000 - 500.000 ha yang mempunyai titik-titik pengamatan tersebar cukup merata dan dimana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi, dapat menggunakan metode rata-rata aljabar. Jika titik-titik pengamatan itu tidak tersebar merata maka digunakan cara Thiessen.
4. Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha, dapat digunakan cara Isohiet atau cara potongan antara (inter-section method).

Dalam Skripsi ini hanya digunakan satu stasiun hujan dikarenakan luas daerah studi kurang dari 250 ha dengan variasi topografi yang kecil.

2.2.2. Uji Konsistensi Data Hujan

Perubahan lingkungan tempat dimana penakar hujan dipasang dapat mengakibatkan penyimpangan data hujan yang diukur. Perubahan ini biasanya terjadi karena beberapa hal, misalnya: terlindung oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung yang tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatannya, pemindahan letak penakar dan sebagainya. Sehingga data hujan menjadi tidak konsisten (Soemarto, 1986:38).

Uji konsistensi data dilakukan terhadap data curah hujan tahunan dengan tujuan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan. Metode yang digunakan adalah metode RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums) yang ditemukan oleh Buishand pada tahun 1982. Pengujian konsistensi dengan menggunakan data dan stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya, lebih jelas lagi bisa dilihat pada rumus dibawah:

$$S_0' = 0 \dots\dots\dots(2-1)$$

$$S_k' = \sum_{i=k}^k (Y_i - \bar{Y}) \dots\dots\dots(2-2)$$

$$Dg k = 1,2,3, \dots, n$$

$$S_k'' = \frac{S_k'}{D_y} \dots\dots\dots(2-3)$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \dots\dots\dots(2-4)$$

Nilai statistik Q dan R

$$Q = \text{maks } |S_k''| \dots\dots\dots(2-5)$$

$$0 \leq k \leq n$$

$$R = \text{Maks } S_k'' - \text{min } S_k'' \dots\dots\dots(2-6)$$

$$0 \leq k \leq n \quad 0 \leq k \leq n$$

Dengan melihat nilai statistik diatas maka dapat dicari nilai Q/n dan Rb/n . Hasil yang di dapat dibandingkan dengan nilai Q/n syarat dan R/n syarat, jika lebih kecil maka data masih dalam batasan konsisten.

2.2.3. Analisa Frekuensi

2.2.3.1. Hujan Rancangan Maksimum

Hujan rancangan maksimum adalah curah hujan terbesar tahunan mungkin terjadi di suatu daerah dengan kala ulang tertentu. Berbagai metode yang dapat dipakai dalam menganalisa curah hujan rancangan antara lain distribusi *Gumbel*, *Log Normal*, *Log Pearson Type III* dan lain-lain.

Untuk menentukan macam analisa frekuensi, perlu dihitung parameter-parameter statistik seperti koefisien C_s , C_v , C_k . Syarat untuk distribusi:

- E.J Gumbel : $C_k = 5,4$ dan $C_s = 1,14$
- Log Normal : $C_k = 3,0$ dan $C_s = 0,0$
- Log Pearson III : C_k dan C_s bebas

Dalam skripsi ini dipilih cara Log Pearson III dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data (Pilgrim, 1991:207).

2.2.3.2. Hujan Rancangan dengan Menggunakan Metode Log Pearson III

Untuk menghitung banjir perencanaan dalam praktek, *The Hydrology Committee of The Water Resources Council*, USA menganjurkan, pertama kali mentransform data ke harga-harga logaritmanya, kemudian menghitung parameter-parameter statistiknya. Karena transformasi tersebut, maka cara ini disebut Log Pearson Tipe III. Adapun parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Pearson Tipe III adalah:

1. Harga rata-rata (*mean*)
2. Simpangan baku (standard deviasi)
3. Koefisien Kepencengan (skewess)

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rancangan berdasarkan Log Pearson Type III adalah sebagai berikut (Soemarto, 1987:243):

1. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun diubah dalam bentuk logaritma.

2. Menghitung harga rata-rata logaritma dengan rumus berikut ini:

$$\overline{\text{Log}x} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}x_i}{n} \quad \dots\dots\dots (2-7)$$

3. Menghitung harga standard deviasi dengan rumus berikut ini:

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log} x_i - \overline{\text{Log} X})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (2-8)$$

4. Menghitung koefisien kepengcengan dengan rumus berikut ini:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log} x_i - \overline{\text{Log} X})^3}{(n-1)(n-2)S_1^3} \quad \dots\dots\dots (2-9)$$

5. Menghitung logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus berikut ini:

$$\text{Log} Q = \overline{\text{Log} X} + G.S_i \quad \dots\dots\dots (2-10)$$

2.2.4. Uji Kesesuaian Distribusi

Dalam skripsi ini, menggunakan dua macam uji kesesuaian distribusi, yaitu Uji Chi Square dan Uji Smirnov Kolmogorov. Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa, yaitu :

1. Mengetahui apakah data tersebut benar sesuai dengan teoritis yang dipakai.
2. Mengetahui apakah hipotesa tersebut dapat digunakan atau tidak untuk perhitungan selanjutnya.
3. Untuk melakukan uji ini terlebih dahulu harus dilakukan plotting data pengamatan pada kertas distribusi yang sesuai dan garis durasi yang sesuai.

2.2.4.1. Uji Chi - Square

Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut dengan Chi-Square. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995; 194) :

$$X^2 = \sum_{i=1}^g \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \dots\dots\dots (2-11)$$

Dengan :

E_i = nilai yang diharapkan (*expected frequency*)

O_i = nilai yang diamati (*observed frequency*)

Tahapan dalam uji ini adalah sebagai berikut :

- Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
- Menjumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup
- Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
- Untuk tiap-tiap sub grup hitung nilai : $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

f. menjumlah nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ pada seluruh G sub grup untuk menentukan nilai Chi Square hitung (X^2_{hit}).

g. Menentukan derajat kebebasan, $dk = G - R - 1$

h. Harga X^2_{hit} dibandingkan dengan harga X^2_{Cr} dari table Chi Square dengan dk dan jumlah data (n) tertentu. Apabila $X^2_{hit} < X^2_{Cr}$ maka hipotesa distribusi dapat diterima.

2.2.4.2. Uji Smirnov - Kolmogorov

.Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Data curah hujan disusun dari kecil ke besar
- Menghitung persamaan empiris dengan persamaan berikut

(SriHarto,1981:179):

$$P = \frac{m}{n-1} \times 100\% \dots\dots\dots (2-12)$$

Dengan :

P = peluang (%)

m = nomor urut data

n = jumlah data



c. Mencari nilai G

$$G = \frac{(\text{Log}X_i - \text{Log}X)}{S} \dots\dots\dots (2-13)$$

Dengan :

G = koefisien frekuensi

S = simpangan baku

d. Mencari harga Pr dengan melalui tabel distribusi Log Pearson type III

e. Menghitung nilai P(x)

$$P(x) = 100 - Pr \dots\dots\dots (2-14)$$

f. Menghitung selisih Sn(x) dan P(x)

$$Sn(x) = \text{peluang} \left(\frac{\text{ranking}}{\sum \text{data} + 1} \right) \dots\dots\dots (2-15)$$

g. Bandingkan perbedaan terbesar dari perhitungan selisih terbesar (Δ_{maks}) dengan Δ_{cr} dari tabel Smirnov-Kolmogorof. Jika harga $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$, maka penyimpangan masih dalam batas ijin, yang berarti distribusi hujan pengamatan sesuai dengan model distribusi teoritis.

2.3. Analisa Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan (*surface runoff*) yang merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit-parit dan selokan-selokan yang kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai (Triatmodjo, 2010:133).

2.3.1. Rasional Modifikasi

Metode rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) kecil. Metode rasional didasarkan pada persamaan berikut : (Triatmodjo, 2010:144)

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots (2-16)$$

Dengan :

Q = debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m^3/dt)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (km^2)

C = koefisien pengaliran

0,278 = faktor konversi



Adapun pengertian dari rumus ini adalah jika terjadi curah hujan selama 1 jam dengan intensitas 1 mm/jam dalam daerah seluas 1 km², maka besarnya debit banjir adalah 0,278m³/dtk dimana debit banjir tersebut akan melimpas merata selama 1 jam.

2.3.2. Intensitas Hujan Rancangan

Intensitas hujan rancangan adalah jumlah curah hujan dalam wilayah tertentu dalam satuan waktu (mm/jam). Dapat dikatakan bila intensitas besar berarti hujan lebat dan keadaan ini sangat berbahaya karena berdampak pada timbulnya banjir, longsor dan efek negatif lainnya. Perhitungan besarnya intensitas hujan dapat dipergunakan dengan beberapa rumus empiris dalam hidrologi. Rumus Mononobe dipakai apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots \dots \dots (2-17)$$

dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

2.3.3. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir disuatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah air hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran berubah dari waktu ke waktu sesuai dengan pengaruh pemanfaatan lahan dan aliran sungai. Koefisien pengaliran pada suatu daerah dipengaruhi oleh faktor-faktor penting (Subarkah, 1980:51):

- Keadaan hujan
- Luas dan bentuk daerah pengaliran dan kemiringan dasar sungai
- Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
- Kebasahan tanah
- Suhu, udara, angin dan evaporasi yang berhubungan dengan itu
- Letak daerah aliran terhadap arah angin
- Daya tampung palung sungai dan daerah sekitarnya

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa jenis tata guna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dan setiap tata guna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya.

Adapun cara perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suhardjono, 2013:80):

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2-18)$$

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot x C_i}{\sum_i A_i} \dots\dots\dots (2-19)$$

dengan:

C_m = koefisien pengaliran rata-rata

C_1, C_2, \dots, C_n = koefisien pengaliran yang sesuai kondisi permukaan

A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah pengaliran yang disesuaikan kondisi permukaan

Besarnya koefisien pengaliran berdasarkan tata guna lahan dan jenis permukaan tanah dapat dilihat pada tabel 2.1. berikut:

Tabel 2.1. Hubungan Kondisi Permukaan dengan Koefisien Pengaliran

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
3.	Bahu jalan : - tanah berbutir halus - tanah berbutir kasar - batuan massif keras - batuan massif lunak	0,40 - 0,65 0,10 - 0,20 0,70 - 0,85 0,60 - 0,75
4.	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
5.	Daerah pinggiran kota	0,60 - 0,70
6.	Daerah industri	0,60 - 0,90
7.	Pemukiman padat	0,40 - 0,60
8.	Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60
9.	Taman dan kebun	0,20 - 0,40
10.	Persawahan	0,45 - 0,60
11.	Perbukitan	0,70 - 0,80
12.	Pegunungan	0,75 - 0,90

Sumber : Anonim (SNI Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan, 1994:19)

2.3.4. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari suatu titik yang paling jauh ke satu titik tertentu yang ditinjau pada suatu daerah pengaliran. Untuk menghitung waktu konsentrasi dipakai persamaan Kirpich (Subarkah, 1980:50).

$$t_c = \left[\frac{0,87xL^2}{1000xS} \right]^{0,385} \dots\dots\dots (2-20)$$

Dengan :

- t_c = waktu konsentrasi (jam)
- L = panjang saluran (m)
- S = kemiringan daerah pengaliran

2.4. Analisa Pertumbuhan Penduduk

Untuk memperkirakan jumlah penduduk dimasa mendatang dalam studi ini digunakan cara geometris dan cara eksponensial. Cara-cara tersebut adalah sebagai berikut:

a. Pertumbuhan Penduduk Geometris (*Geometric Rate Of Growth*)

Pada perhitungan dengan cara ini, pertumbuhan penduduk diasumsikan mengikuti deret geometrik dimana rasio pertumbuhan adalah sama untuk setiap tahun. Rumus yang digunakan untuk menghitung pertumbuhan geometris ini adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1+r)^n \dots\dots\dots (2-21)$$

Dengan :

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa/tahun)
- P_o = jumlah penduduk pada awal tahun (jiwa/tahun)
- r = angka pertumbuhan penduduk (%)
- n = interval waktu (tahun)

b. Pertumbuhan Penduduk Eksponensial (*Exponential Rate Of Growth*)

Pada perhitungan dengan cara ini, menggunakan asumsi pertumbuhan penduduk secara terus-menerus setiap hari dengan angka pertumbuhan konstan untuk menghasilkan perkiraan yang mendekati kenyataan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_o \times e^{r.n} \dots\dots\dots (2-22)$$

Dengan :

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa/tahun)
- P_o = jumlah penduduk pada awal tahun (jiwa/tahun)
- r = angka pertumbuhan penduduk
- n = interval waktu
- e = bilangan logaritma



c. Pertumbuhan Penduduk Aritmatika (*Aritmatic Rate Of Growth*)

Pada proyeksi pertumbuhan penduduk ini angka pertumbuhan rata-rata berkisar pada prosentase r (angka pertumbuhan penduduk) yang konstan setiap tahun (Mulianakusuma, 2002:254). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_0(1+rn) \dots\dots\dots (2-23)$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa/tahun)

P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun (jiwa/tahun)

r = angka pertumbuhan penduduk

n = interval waktu

Hasil dari analisa perkembangan penduduk ini nantinya akan digunakan untuk memperkirakan jumlah buangan air kotor yang berasal dari rumah-rumah penduduk.

2.5. Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah debit yang berasal dari air buangan hasil aktifitas penduduk yang berasal dari lingkungan rumah tinggal, bangunan umum dan instalasi, bangunan komersial dan lain sebagainya. Besarnya dipengaruhi oleh banyaknya jumlah penduduk dan kebutuhan air rata-rata penduduk. Adapun besarnya kebutuhan air penduduk rata-rata adalah 150 liter/orang/hari. Sedangkan debit air kotor yang harus dibuang di dalam saluran adalah 70% dari kebutuhan air bersih (Suhardjono, 1984:39): sehingga besarnya air buangan adalah $150 \times 70\% = 105$ liter/orang/hari = 0,00121 liter/dtk/orang.

Dengan demikian jumlah air kotor yang dibuang pada suatu daerah setiap km^2 adalah sebagai berikut:

$$Q_{ak} = \frac{P_n x q}{A} \dots\dots\dots (2-24)$$

Dengan :

Q_{ak} = debit air kotor (ltr/dtk/ km^2)

q = jumlah air buangan (ltr/dtk/orang)

P_n = jumlah penduduk (jiwa)

A = luas daerah (km^2)

2.6. Debit Banjir Rancangan

Untuk mendapatkan kapasitas saluran drainase, terlebih dahulu harus dihitung jumlah air kotor atau buangan yang akan dibuang melalui saluran drainase tersebut.

Debit banjir (Q_b) adalah debit air hujan (Q_1) ditambah debit air kotor (Q_2). Untuk memperoleh debit banjir rancangan, maka debit banjir hasil perhitungan ditambah dengan kandungan sedimen yang terdapat dalam aliran banjir sebesar 10% sehingga diperoleh hasil (Sosrodarsono, 1994: 328).

$$Q_{\text{Banjir}} = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (2-25)$$

$$Q_{\text{Ranc}} = 1,1 \times (Q_1 + Q_2) \dots\dots\dots (2-26)$$

2.7. Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Perhitungan kapasitas saluran eksisting yang ada digunakan untuk mengetahui saluran-saluran yang sudah tidak dapat lagi menampung debit air hujan sehingga menyebabkan adanya genangan bahkan banjir. Perencanaan perbaikan saluran yang ada diperlukan guna mengatasi masalah tersebut.

2.7.1. Kapasitas Saluran

Kapasitas Saluran dihitung menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Kecepatan

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots (2-27)$$

2. Kontinuitas

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (2-28)$$

Dimana :

V = kecepatan aliran dalam saluran (m/dt)

R = jari-jari hidrolis (m)

n = koefisien kekasaran Manning

A = luas penampang basah (m^2)

Q = debit (m^3/dt)

$R = A/P$

P = keliling basah saluran (m)

Untuk menentukan dimensi saluran dianjurkan untuk melakukan pendekatan terhadap perbandingan antara lebar dasar saluran (b) dengan kedalaman saluran (h) yang dihubungkan dengan kapasitas saluran yang dilihat pada tabel 2.2. berikut :

Tabel 2.2. Perbandingan Lebar Dasar Saluran yang Dianjurkan Sesuai dengan Kapasitas Saluran

Kapasitas Saluran	b:h
0,0-0,5	1,0
0,5-1,0	1,5
1,0-1,5	2,0

Kapasitas Saluran	b:h
1,5-3,0	2,5
3,0-4,5	3,0
4,5-6,0	3,5
6,0-7,5	4,0
7,5-9,0	4,5
9,0-11,0	5,0

(Sumber : Suhardjono, 1984:24)

Angka kekasaran Manning (n) besarnya bergantung pada bahan pembentuk saluran seperti pada tabel 2.3. berikut.

Tabel 2.3. Harga-harga kekasaran Manning untuk Berbagai Tipe Saluran

Macam Saluran	n
• Saluran tertutup dengan aliran sebagian penuh	
1. Gorong-gorong dari beton lurus dan bebas dari benda-benda hanyut	0,010-0,013
2. Gorong-gorong dengan belokan dan sambungan dari beton dan ada sedikit benda hanyut	0,011-0,015
3. Saluran pembuang lurus dari beton	0,013-0,017
4. Pasangan batu dilapisi dengan semen	0,012-0,017
5. Pasangan batu kali disemen	0,015-0,030
• Saluran terbuka	
1. Pasangan bata disemen	0,012-0,018
2. Beton dengan plesteran	0,013-0,016
3. Pasangan batu kali disemen	0,014-0,035
4. Pasangan batu kosong	0,020-0,035

(Sumber : Ven Te Chow, 1989:24)

Dalam Menentukan Penampang saluran, kemiringan dinding saluran juga harus dipertahankan. Berikut tabel hubungan antara bahan saluran dan kemiringan dinding:

Tabel 2.4. Kemiringan Dinding Saluran yang Dianjurkan Sesuai dengan Bahan

Bahan Saluran	Kemiringan dinding
• Batuan/cadas	Mendekati vertikal
• Tanah lumpur	0,25 : 1
• Lempung keras atau tanah dengan lapisan beton	(0,25-1) : 1
• Tanah dengan pasangan batu atau tanah untuk saluran besar	1 : 1
• Lempung atau tanah untuk saluran-saluran kecil	1,5 : 1
• Tanah berpasir lepas	2 : 1
• Lumpur berpasir atau lempung porous	3 : 1

(Sumber : Ven Te Chow, 1984:24)

2.7.2. Kecepatan Aliran

Besarnya kecepatan aliran yang diijinkan dalam saluran tergantung pada material pembentuk saluran, kondisi fisik dan sifat-sifat hidrolisnya. Kecepatan aliran yang diijinkan dibagi menjadi dua bagian, yaitu saluran tahan erosi dan saluran tak tahan erosi. Untuk saluran tahan erosi kecepatan minimum yang diijinkan antara 0,6-0,9 m/dt. Sedangkan untuk saluran tidak tahan erosi kecepatan maksimum yang diijinkan adalah kecepatan terbesar yang tidak menyebabkan penggerusan pada dasar saluran (Suhardjono, 1984:25).

2.8. Evaluasi Kapasitas Saluran terhadap Debit Banjir Rancangan

Evaluasi kapasitas saluran drainase merupakan penilaian kapasitas saluran drainase terhadap debit rancangan, yang terdiri dari limpasan akibat air hujan dan air kotor hasil buangan penduduk. Metode yang digunakan dalam evaluasi ini adalah metode evaluative, dengan membandingkan kapasitas segmen saluran dengan limpasan total. Kemudian, mencari selisih diantara kapasitas saluran dan debit rancangan dalam *sub catchmen area*.

Untuk mengetahui kemampuan kapasitas saluran eksisting terhadap debit rancangan maka digunakan rumus :

$$Q = Q_{\text{eksist}} - Q_{\text{ranc}} \dots\dots\dots (2-29)$$

Dimana :

Q_{eksist} = debitsaluran (m^3/dt)

Q_{ranc} = debit air hujan dan debit air kotor (m^3/dt)

Apabila $Q_{\text{eksist}} > Q_{\text{ranc}}$ maka kapasitas saluarn memenuhi sehingga tidak diperlukan adanya perbaikan, demikian juga sebaliknya apabila $Q_{\text{eksist}} < Q_{\text{ranc}}$ maka kapasitas saluran tidak memenuhi, sehingga diperlukan perbaikan agar kapasitas Q_{ranc} memenuhi.

2.9. Sistem Polder

2.9.1. Konsep Sistem Polder

Sistem polder adalah suatu cara penanganan banjir dengan kelengkapan bangunan sarana fisik, yang meliputi saluran drainase, kolam retensi, pompa air, yang dikendalikan sebagai satu kesatuan pengelolaan. Dengan sistem polder, maka lokasi rawan banjir akan dibatasi dengan jelas, sehingga elevasi muka air, debit dan volume air yang harus dikeluarkan dari sistem dapat dikendalikan.

Sistem ini dipakai untuk daerah-daerah rendah dan daerah yang berupa cekungan, ketika air tidak dapat mengalir secara gravitasi. Agar daerah ini tidak

tergenang, maka dibuat saluran yang mengelilingi cekungan. Air yang tertangkap dalam daerah cekungan itu sendiri ditampung di dalam suatu waduk, dan selanjutnya dipompa ke kolam tampungan. Oleh karena itu, sistem polder disebut juga sebagai sistem drainase yang terkendali.

Fungsi utama polder adalah sebagai pengendali muka air di dalam sistem polder tersebut. Untuk kepentingan permukiman, muka air di dalam Sistem dikendalikan supaya tidak terjadi banjir/genangan. Air di dalam sistem dikendalikan sedemikian rupa sehingga jika terdapat kelebihan air yang dapat menyebabkan banjir, maka kelebihan air itu dipompa keluar sistem polder.

2.9.2. Kolam Retensi

Kolam retensi merupakan suatu cekungan atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air didalamnya, tergantung dari jenis bahan pelapis dinding dan dasar kolam. Perencanaan kolam retensi memiliki keterikatan dengan pompa yang akan digunakan semakin besar volum tampungan yang tersedia, semakin kecil kapasitas pompa yang dibutuhkan dan sebaliknya. Kolam retensi dibagi menjadi 2 macam, yaitu kolam alami dan kolam non alami.

Kolam alami yaitu kolam retensi yang berupa cekungan atau lahan resapan yang sudah terdapat secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian. Pada umumnya perencanaan kolam jenis ini memadukan fungsi sebagai kolam penyimpanan air dan penggunaan oleh masyarakat dan kondisi lingkungan sekitarnya. Kolam jenis alami ini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan, juga dapat meresapkan pada lahan atau kolam yang pervious, misalnya lapangan sepak bola (yang tertutup oleh rumput), danau alami, seperti yang terdapat di taman rekreasi dan kolam rawa.

Kolam non alami yaitu kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan bahan material yang kaku, seperti beton. Pada kolam jenis ini air yang masuk ke dalam inlet harus dapat menampung air sesuai dengan kapasitas yang telah direncanakan sehingga dapat mengurangi debit banjir puncak (peak flow) pada saat over flow, sehingga kolam berfungsi sebagai tempat mengurangi debit banjir dikarenakan adanya penambahan waktu konsentrasi air untuk mengalir di permukaan. Kapasitas kolam retensi yang dapat menampung volume air pada saat debit puncak, dihitung dengan persamaan umum seperti pada (2-30):

$$V = \int_0^t (Q_{in} - Q_{out}) dt \dots\dots\dots (2-30)$$

Dengan :

V = volume kolam

t = waktu awal air masuk kedalam inlet

t₀ = waktu air keluar dari outflow

Q_{in} = debit inflow

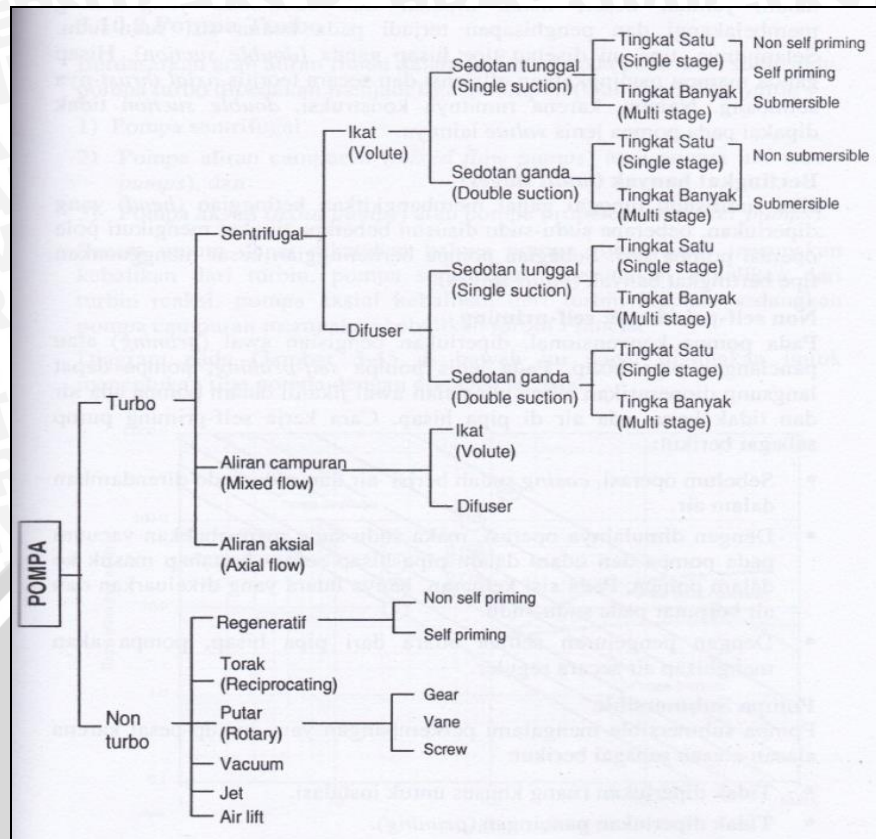
Q_{out} = debit outflow

2.9.3. Stasiun Pompa

Di dalam stasiun pompa terdapat pompa yang digunakan untuk mengeluarkan air yang sudah terkumpul dalam kolam retensi atau junction jaringan drainase keluar cakupan area. Prinsip dasar kerja pompa adalah menghisap air menggunakan sumber tenaga, baik itu listrik atau disel/solar. Air dapat dibuang langsung ke laut atau sungai/banjir kanal yang bagian hilirnya akan bermuara di laut. Biasanya pompa digunakan pada suatu daerah dengan dataran rendah atau keadaan topografi/kontur yang cukup datar, sehingga saluran-saluran yang ada tidak mampu mengalir secara gravitasi. Jumlah dan kapasitas pompa yang disediakan di dalam stasiun pompa harus disesuaikan dengan volume layanan air yang harus dikeluarkan. Pompa yang menggunakan tenaga listrik, disebut pompa jenis sentrifugal, sedangkan pompa yang menggunakan tenaga disel dengan bahan bakar solar adalah pompa submersible.

2.9.4. Klasifikasi Pompa

Secara garis besar, pompa dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok, yaitu pompa turbo (*rotodynamic pump*), dan non turbo (*positive displacement pump*) (Suripin, 2004:208). pompa turbo terdiri dari pompa sentrifugal, aliran campuran, dan aliran aksial. Sedangkan non turbo terdiri dari pompa *regenerative*, pompa torak (*reciprocating*), pompa putar (*rotary*), pompa *vacuum*, pompa jet, dan pompa *air lift*. Masing-masing sub-kelas selanjutnya masing dibagi lagi menjadi sejumlah jenis yang berbeda-beda, seperti yang terlihat dalam diagram pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Klasifikasi Pompa

Sumber : Suripin, 2004:209

- **Pompa centrifugal**

Tinggi pompa terutama ditimbulkan oleh gaya dorong sentrifugal putaran sudu-sudu (*impeller*). Jenis pompa ini banyak digunakan pada ketinggian (*head*) yang besar.

- **Pompa aliran campuran (Mixed flow)**

Tinggi pompa sebagian ditentukan oleh gaya dorong putaran sudu-sudu dan sebagian oleh daya angkat sudu-sudu. Termasuk dalam tipe ini adalah pompa ulir (*screw pumps*).

- **Pompa aliran aksial**

Tinggi pompa terutama ditimbulkan oleh gaya sudu pada air. Jenis ini banyak digunakan untuk debit yang cukup besar dengan ketinggian rendah (*head* kecil).

Ketiga jenis pompa turbo tersebut masih dibedakan lagi berdasarkan tipe rumah pompa (*casing*) dan sudu-sudunya

- **Rumah pompa (Casing)**

Berdasar casing-nya dikenal dua macam tipe pompa, yaitu *valute* dan *diffuser*. Aliran air berkecepatan tinggi dari sudu-sudu harus dikonversi menjadi tekanan secara

efisien. Pada pompa *diffuser*, konversi ini dilakukan oleh baling-baling pengarah (*guide vene*) yang dipasang bersinggungan dengan sudu-sudu. Pada pompa valute tidak dilengkapi dengan baling-baling pengarah, konversi dilakukan oleh rumah keong (*spiral casing*). Pompa valute banyak dipakai karena tingkat efisiensinya tinggi dalam menangani debit besar, konstruksinya sederhana, dan kompak.

2.10. Perencanaan Dimensi Saluran.

2.10.1. Goal Seek

Sesuai dengan namanya, *Goal Seek* dapat diartikan dengan mencari tujuan. Jika pada perhitungan biasa Anda menentukan nilai awal dan kemudian mencari hasil akhirnya, maka *Goal Seek* merupakan kebalikan dari hal tersebut, yaitu Anda menentukan hasil akhirnya dan mencari berapa nilai awalnya agar sesuai dengan hasil akhir yang diharapkan. Penggunaan *Goal Seek* pada skripsi ini untuk merubah kedalaman dan lebar saluran, sebagai kontrol adalah lebar/kedalaman saluran eksisting dan debit banjir rancangan.

