

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

Drainase mempunyai arti mengalirkan, membuang, dan mengalihkan air. Secara umum didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin 2004). Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong-gorong bawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi mencegah banjir. Drainase yang dalam Bahasa Inggris adalah *drainage* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air (Suripin, 2004). Dalam bidang Teknik Sipil sendiri, 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 atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase tidak hanya menyangkut air permukaan tapi juga air tanah.

2.2 Sistem Drainase

Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Saat ini sistem drainase sudah menjadi salah satu infrastruktur perkotaan yang sangat penting. Kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada. Sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air maupun banjir.

Sistem Drainase berdasarkan jenisnya terbagi menjadi empat (Suripin, 2004), yaitu:

- a. Menurut Sejarah Terbentuknya
 - 1) Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

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 gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

2) Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan – bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

b. Menurut Letak Bangunan

1) Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan analisis aliran saluran terbuka.

2) Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface Drainage*)

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

c. Menurut Fungsi

1) *Single Purpose*, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lainnya seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain – lain.

2) *Multi Purpose*, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

d. Menurut Konstruksi

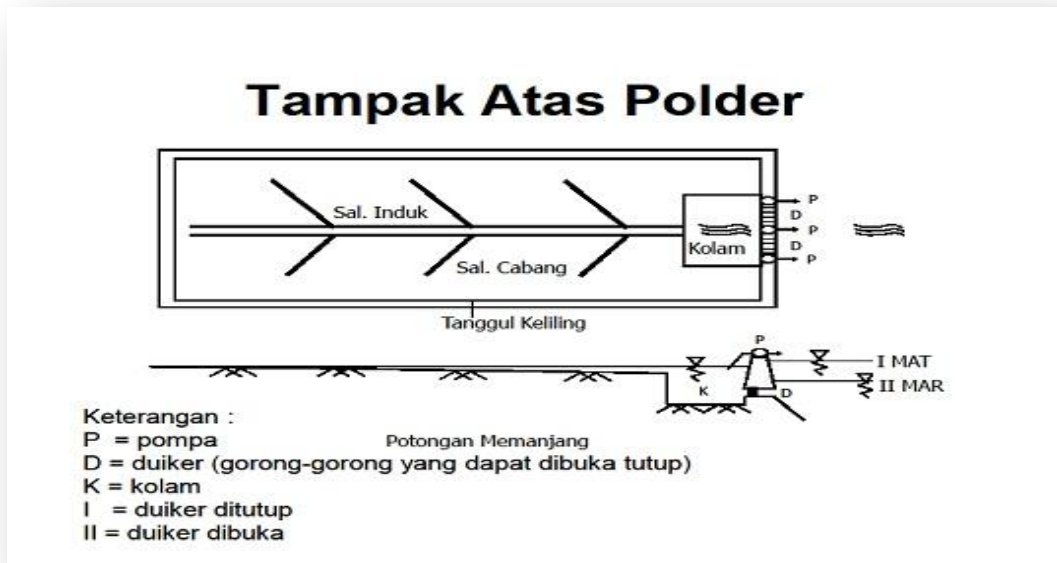
1) Saluran Terbuka. yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup,

ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

- 2) Saluran Tertutup, yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran kotor (air yang mengganggu kesehatan atau lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di kota atau pemukiman.

2.3 Drainase Polder

Drainase sistem polder berfungsi untuk mengatasi banjir yang diakibatkan genangan yang ditimbulkan oleh besarnya kapasitas air yang masuk ke suatu daerah melebihi kapasitas keluar dari daerah tersebut. Keunggulan sistem polder adalah mengendalikan banjir dan genangan akibat aliran dari hulu, hujan setempat dan naiknya air laut. Pompa-pompa air maupun *duiker* (gorong-gorong dengan pintu air) yang ada berfungsi untuk membuang air dari dalam kolam retensi (Busem). Pada saat air di dalam kolam retensi meninggi, pompa atau *duiker* akan mengalirkan air ke laut yang sedang surut. Dan pada saat air laut pasang, pintu air pada *duiker* akan tertutup sehingga air pasang dari laut tidak dapat masuk ke dalam sistem polder.



Gambar 3. Komponen Drainase Sistem Polder (Novitasari 2012)

Drainase sistem polder dapat digunakan dalam beberapa kondisi antara lain:

1. Elevasi muka tanah lebih rendah dibanding dengan elevasi muka air laut pasang, sehingga pada daerah tersebut akan sering terjadi genangan akibat air laut pasang yang masuk ke daratan.
2. Elevasi muka tanah lebih rendah daripada muka air banjir di sungai (pengendali banjir) yang merupakan *outlet* dari saluran drainase kota.
3. Daerah yang mengalami penurunan (*land subsidence*), sehingga daerah yang semula lebih tinggi dari muka air laut pasang maupun muka air banjir di sungai pengendali banjir diprediksikan akan tergenang akibat air laut pasang maupun *backwater* dari sungai pengendali banjir.

Di dalam drainase sistem polder, dikenal dua komponen yaitu:

1. Komponen utama, yaitu komponen yang harus ada di dalam drainase sistem polder, meliputi *duiker* dengan pintu air, tanggul pengaman, dan jaringan saluran drainase.
2. Komponen pelengkap, yaitu komponen yang penggunaannya dapat disesuaikan dengan kondisi dilapangan, meliputi pompa, kolam retensi, dan saluran kolektor.

- **Kolam Retensi (Busem)** berfungsi untuk menampung limpasan air hujan sementara waktu hingga muka air muara Busem turun hingga lebih rendah dari muka air di hulu Busem.
- **Duiker dengan Pintu Air** berfungsi sebagai bangunan yang membatasi masuknya air pasang dari hilir sungai yang melebihi kapasitas dari saluran. Pintu air dibuka apabila muka air hilir berada di bawah ambang kapasitas, sehingga air di saluran dapat mengalir kembali.
- **Pompa** berfungsi untuk mencegah terjadinya genangan yang cukup lama. Pompa drainase pada umumnya beroperasi pada saat terjadi banjir dan tinggi tekanan serta debitnya berubah-ubah sepanjang waktu. Dalam perencanaan hidraulik sistem pompa, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

a. Aliran Masukan (*Inflow*), dalam perencanaan drainase sistem pompa yang perlu diperhatikan tidak hanya debit puncak banjir, tetapi juga hidrograf banjir.

b. Tinggi Muka Air Sungai, fluktuasi ketinggian muka air saluran induk di titik outlet saluran drainase perlu diperhatikan. Pada sistem drainase yang terletak di dekat laut, perlu diperhatikan adanya pasang surut dan pengaruhnya terhadap muka air di saluran induk, khususnya periode dan simpangannya.

c. Kolam Penampungan dan Kapasitas Tampungan, hubungan antara aliran masuk, kapasitas pompa dan aliran keluar.

d. Ketinggian Air Maksimum dan Kapasitas Pompa, muka air maksimum harus ditentukan berdasarkan elevasi muka air terendah dan tata guna lahan di daerah dataran rendah (di daerah perkotaan tidak diijinkan ada genangan).

e. Pengaruh Pompa, pengaruh pompa yang dinyatakan dalam penurunan muka air maksimum harus diperkirakan untuk beberapa periode ulang untuk memperkirakan keuntungan stasiun pompa. Tidak seperti pada pekerjaan perbaikan sungai, keuntungan pompa akan selalu tampak sekalipun hujan yang terjadi melebihi hujan rencana.

f. Pola Operasi Pompa dan Pintu Air, pola operasi sistem drainase dengan sistem pompa berdasarkan pada muka air pada saluran drainase dan kolam penampung. Pada saat muka air pada kolam lebih rendah dari muka air di sungai induk, pintu dibuka dan pompa dioperasikan. Sebaliknya pada saat muka air di kolam lebih tinggi dibanding dengan tinggi muka air di sungai induk, operasi pompa dihentikan dan pintu dibuka. Debit pintu jauh lebih besar dibanding dengan kapasitas pompa dan operasi pompa selama aliran gravitasi menyebabkan permasalahan mekanis pada pompa.

2.4 Kolam Retensi (Busem)

Kolam retensi adalah suatu bak atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air sementara yang terdapat di dalamnya. Kolam retensi dibagi menjadi dua macam tergantung dari bahan pelapis dinding dan dasar kolam, yaitu kolam alami dan kolam buatan. Kolam alami adalah kolam retensi berbentuk cekungan atau bak resapan yang sudah terbentuk secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian. Kolam buatan atau kolam non alami adalah kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan material yang kaku, seperti beton. Untuk perencanaan pembangunan kolam retensi sendiri diperlukan analisis hidrologi untuk menentukan besarnya debit banjir rencana karena akan berpengaruh terhadap besarnya debit maksimum. Diperlukan juga data curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan hanya curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 1993). Selain itu, debit air juga perlu direncanakan untuk memastikan jumlah air yang masuk ke dalam kolam retensi yang akan dibangun.

2.4.1 Fungsi kolam retensi

Kolam retensi berfungsi untuk menyimpan dan menampung air sementara dari saluran pembuangan sebelum dialirkan ke sungai sehingga puncak banjir dapat dikurangi (Perpustakaan Kementerian Pekerjaan Umum, 2014). Wilayah yang digunakan untuk pembuatan kolam penampungan biasanya di daerah yang rendah. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam

retensi dapat digunakan sebagai penampungan air hujan sementara dan penyalur atau distribusi air.

2.4.2 Tipe-tipe kolam retensi

Tipe-tipe kolam retensi berdasarkan departemen pekerjaan umum (2014), adalah:

- a. Kolam retensi tipe di samping badan sungai. Tipe ini memiliki bagian-bagian berupa kolam retensi, pintu inlet, bangunan pelimpah samping, pintu outlet, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah di depan pintu outlet, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Kolam retensi jenis ini cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas untuk kolam retensi sehingga kapasitasnya bisa optimal. Keunggulan dari tipe ini adalah tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan.
- b. Kolam retensi di dalam badan sungai. Kolam retensi jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling, pintu outlet, bendung, saringan sampah dan kolam sedimen. Tipe ini diterapkan bila lahan untuk kolam retensi sulit didapat. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitas kolam yang terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaan sulit dan pemeliharaan yang mahal.
- c. Kolam retensi tipe *storage* memanjang. Kelengkapan sistem dari kolam retensi tipe ini adalah saluran yang lebar dan dalam serta cek dam atau bendung setempat. Tipe ini digunakan apabila lahan tidak tersedia sehingga harus mengoptimalkan saluran drainase yang ada. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitasnya terbatas, menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit.

2.5 Hujan Rencana

Hujan rencana adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan.

2.5.1 Curah Hujan Area

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan. Ketepatan dalam memilih lokasi baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir merupakan hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada suatu periode tertentu. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata – rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 1993).

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan area yang diperoleh dari harga rata – rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam dan atau di sekitar kawasan tersebut (Suripin, 2004).

Curah hujan area ini harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Cara – cara perhitungan curah hujan area dari pengamatan curah hujan di beberapa titik adalah sebagai berikut:

a. Metode Rata – Rata Aljabar

Metode ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

R = curah hujan daerah

n = jumlah titik atau pos pengamatan

R₁, R₂,R_n = curah hujan di tiap titik pengamatan.

b. Metode Poligon Thiessen

Jika titik-titik di daerah pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\bar{R} = W_1.R_1 + W_2.R_2 + \dots + A_n.R_n \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan daerah

R_1, R_2, \dots, R_n = curah hujan di tiap titik pengamatan

A_1, A_2, \dots, A_n = bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan

$$W_1, W_2, \dots, W_n = \frac{A_1}{A} \frac{A_2}{A} \dots \dots \frac{A_n}{A} \dots\dots\dots(2.5)$$

Bagian-bagian daerah A_1, A_2, \dots, A_n ditentukan dengan cara sebagai berikut

- Cantumkan titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar daerah itu pada peta topografi, kemudian dihubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus. Dengan demikian akan terlukis jaringan segitiga yang menutupi seluruh daerah.
- Daerah yang bersangkutan itu dibagi dalam poligon-poligon yang didapat dengan menggambar garis bagi tegak lurus pada setiap sisi segitiga tersebut di atas. Curah hujan dalam setiap poligon dianggap diwakili oleh curah hujan dari titik pengamatan dalam tiap poligon itu. Luas tiap poligon diukur dengan planimeter atau dengan cara lain.

Cara Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aljabar. Akan tetapi penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil yang didapat. Kerugian yang lain umpamanya untuk penentuan kembali jaringan segitiga juga terdapat kekurangan pengamatan pada salah satu titik pengamatan.

c. Metode Rata – Rata Isohyet

Peta isohyet digambar pada topografi dengan perbedaan 10 mm sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di dalam dan sekitar daerah yang dimaksud.

Luas bagian daerah antara 2 garis isohsyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis isohsyet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan daerah

R_1, R_2, \dots, R_n = curah hujan di tiap titik pengamatan

A_1, A_2, \dots, A_n = bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan

2.5.2 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Cara yang ditempuh untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata – rata DAS adalah sebagai berikut:

1. Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
2. Cari besarnya curah hujan pada tanggal – bulan – tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
3. Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
4. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.

5. Ulangi langkah 2 dan 3 setiap tahun.

Dari hasil rata – rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan (Suripin, 2004).

2.6 Analisis frekuensi

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran atau peristiwa-peristiwa ekstrim (hujan, banjir, kekeringan, dsb) yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan.

2.6.1 Periode ulang

Curah hujan rencana merupakan curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang tertentu. Curah hujan rencana untuk periode ulang tertentu secara Statistik dapat diperkitakan berdasarkan data curah hujan harian maksimum tahunan jangka panjang dengan analisis distribusi frekuensi. Curah hujan rencana untuk drainase biasanya dihitung untuk periode ulang 2 atau 5 tahun, sedangkan curah hujan rencana untuk sungai biasanya dihitung untuk periode ulang 25 atau 50 tahun.

2.7 Pengukuran Dispersi

Menurut Soewarno (1995), dalam analisis frekuensi curah hujan, data hidrologi dikumpulkan, dihitung, disajikan dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu, yaitu metode statistik. Namun pada kenyataannya, tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat atau besaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi dapat dilakukan dengan metode-metode sebagai berikut:

1. Deviasi Standar (S)

Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar (*standard deviation*) dan varian (*variance*). Varian dihitung sebagai nilai kuadrat dari deviasi standar. Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai standar deviasi akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka

standar deviasi akan kecil. Selanjutnya, rumus perhitungan deviasi standar adalah sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

- S : Deviasi standar
- X_i : Nilai variat
- \bar{X} : Nilai rata-rata
- n : Jumlah data

2. Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Selanjutnya, rumus perhitungan koefisien variasi adalah sebagai berikut:

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

- Cv : Koefisien Variasi
- S : Deviasi standar
- \bar{X} : Nilai rata-rata

3. Koefisien kemencengan (Cs)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*). Selanjutnya, rumus perhitungan koefisien kemencengan adalah sebagai berikut:

$$Cs = \sum_{i=0}^n \left(\frac{(X_i - \bar{X})}{S} \right)^3 \times \frac{n}{(n-1)(n-2)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

- Cs : koefisien kemencengan

- Xi : nilai variat
- \bar{X} : Nilai rata-rata
- n : Jumlah data
- S : Standar deviasi

4. Pengukuran Kurtosis (C_k)

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Selanjutnya, rumus perhitungan koefisien kemencengan adalah sebagai berikut:

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

- Ck : Koefisien kurtosis
- Xi : Nilai variat
- \bar{X} : Nilai rata-rata
- n : Jumlah data
- S : Standar deviasi

Untuk mencari distribusi yang cocok dengan data yang tersedia dari stasiun pencatat curah hujan yang ada di lokasi penelitian kota Surabaya perlu dilakukan analisis frekuensi. Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data hujan maupun data debit. Jenis distribusi frekuensi yang sering digunakan dalam hidrologi adalah Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel dan Log Pearson Type III.

1. Metode Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (PDF = *probability density function*) yang paling dikenal adalah bentuk bell dan dikenal sebagai distribusi normal. PDF

distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut :

$$p(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(X-\mu)^2/(2\sigma^2)} \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana:

$$\pi = 3,1416$$

$$e = 2,7183$$

μ = rata-rata X

σ = simpangan baku dari nilai X

dengan X adalah variabel random dan $p(X)$ adalah fungsi probabilitas kontinyu. Apabila variabel X ditulis dalam bentuk berikut:

$$z = \frac{X-\mu}{\delta} \dots\dots\dots(2.12)$$

Maka persamaan menjadi:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan z adalah satuan standar, yang terdistribusi normal dengan rata-rata nol dan deviasi standar satu. Sehingga persamaan dapat ditulis dalam bentuk:

$$X = \mu + z \sigma$$

Dimana z adalah faktor frekuensi dari distribusi normal. Pada umumnya, faktor frekuensi dari distribusi statistik di berinotasi K.

2. Metode Distribusi Log Normal

Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log normal. PDF untuk distribusi Log Normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut :

$$P(X) = \frac{1}{X\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(Y-\mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}\right] \quad X > 0 \dots\dots\dots(2.14)$$

$$Y = \text{Log } X \dots\dots\dots(2.15)$$

- P(X) = peluang log normal
- X = nilai variat pengamatan
- σ_Y = deviasi standar nilai variat Y
- μ_Y = nilai rata-rata variat Y

Apabila nilai P(X) digambarkan pada kertas, maka peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan

$$Y_T = \mu + K_T \sigma \dots\dots\dots(2.16)$$

Yang dapat didekati dengan

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \dots\dots\dots(2.17)$$

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \dots\dots\dots(2.18)$$

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

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

S = deviasi standar nilai variat

K_T = faktor frekuensi

3. Metode Gumbel

Metode gumbel ini menggunakan distribusi dari nilai ekstrim dengan distribusi *double eksponensial*, di pakai rumus:

$$X_{Tr} = \bar{X} + K. S \dots\dots\dots(2.19)$$

X_{Tr} = besarnya curah hujan untuk periode berulang Tr tahun (mm)

Trm = periode berulang (*return period*) (tahun)

\bar{X} = curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

S = standard deviasi

K = factor frekuensi

Besarnya faktor K:

$$K = (y_{tr} - \bar{y}_n) / S_n \dots\dots\dots(2.20)$$

$\bar{y}_n = reduced\ mean$, fungsi dari besarnya data

$S_n = reduced\ standart\ deviation$, fungsi dari besarnya data

$y_{tr} = reduced\ (variatis)$, fungsi dari $T_r = -(0,834 + 2,303 \log\text{-}\log)$

4. Metode Distribusi Log Pearson tipe III

Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonversi kedalam bentuk logaritmis, ternyata kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk pemakaian distribusi log normal.

Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatarbelakangi pemakaian log normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya.

Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan Pearson yang menjadi perhatian ahli sumber daya air adalah Log-Pearson tipe III. Tiga parameter penting dalam Log-Pearson tipe III yaitu harga rata-rata, simpangan baku, koefisien kemiringan. Jika koefisien kemiringan = 0 kembali ke distribusi Log Normal.

Langkah-lamgkah distribusi Log-Pearson tipe III :

- Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X = \log X$
- Hitung harga rata-rata

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots(2.21)$$

- Hitung simpangan baku

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \dots\dots\dots(2.22)$$

- Hitung koefisien kemiringan

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots(2.23)$$

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

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \dots\dots\dots(2.24)$$

Di mana K adalah variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemiringan G

Keterangan:

Y = nilai logarimik dari

\bar{y} = nilai rata-rata dari Y

S = standar deviasi dari Y

K = karakteristik dari distribusi Log-Pearson Tipe III

2.7 Debit banjir rencana

Debit merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh dalam menganalisis penyebab banjir, karena dari debit kita dapat mengetahui apakah penampang saluran yang ada apakah sudah memenuhi debit yang mengalir atau tidak. Debit banjir rencana pada setiap profil sungai merupakan data yang paling penting untuk perencanaan perbaikan dan pengaturan sungai (Sosrodarsono dan Tominaga, 1985). Besarnya debit banjir rencana yang dipakai bervariasi tergantung pada beberapa faktor, antara lain:

- Tingkatan saluran
- Tingkat perkembangan daerah yang dilindungi
- Keberadaan fasilitas atau bangunan vital

Debit banjir rencana dalam penelitian ini dihitung dengan menggunakan metode Haspers, metode Der Weduwen, metode Melchior dan metode Rasional.

1. Metode Haspers

$$Q = \alpha \beta q F \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana:

Q = Debit banjir maksimum (m³/det)

$$\alpha = \text{Koefisien aliran} = 1 - [(1 + 0,012 F^{0,7}) / (1 + 0,075 F)]$$

β = Koefisien reduksi

$$\frac{1}{\beta} = 1 + [(t + 3,7 \times 10^{-0,4 t}) / (t^2 + 15)] \times [(nF^{0,75}) / 12]$$

nF = Luas ellips (km²)

t = Waktu pemusatan (jam)

F = Luasan daerah aliran (km²)

q = Hujan terbesar (m³/det/ km²)

$$\frac{R_t}{3,6 t} \quad (t \text{ dalam jam})$$

$$\frac{R_t}{86,4 t} \quad (t \text{ dalam jam})$$

R_t = Curah hujan maksimum setempat (mm)

Untuk t < 2 jam

$$R_t = [(t \cdot R_{24}) / \{t + 1 - 0,0008 (260 - R_{24}) (2 - t)^2\}]$$

Untuk 2 jam ≤ t ≤ 19 jam

$$R_t = [(t \cdot R_{24}) / (t + 1)]$$

Untuk 19 jam ≤ t ≤ 30 hari

$$R_t = 0,707 R_{24} \sqrt{t + 1}$$

2. Metode Der Weduwen

$$Q = \alpha \beta q F$$

.....(2.26)

dimana:

Q = Debit banjir rencana (m³/det)

$$\alpha = \text{Koefisien aliran} = 1 - \frac{4,1}{\beta q + 7}$$

$$\beta = \text{Koefisien reduksi} = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} F}{120 + F}$$

q = Hujan-hujan yang lamanya kurang dari 12 jam $\frac{67,65}{t+1,45}$ (m³/det/ km²)

F = Luasan daerah aliran (km²)

$$t = 0,125 L Q^{-0,125} i^{-0,25}$$

3. Metode Melchior

$$Q = \alpha \beta q F \dots\dots\dots(2.27)$$

dimana:

Q = Debit banjir maksimum (m³/det)

$\alpha = 0,52$

$\beta = \text{Koefisien reduksi} = \frac{\text{Hujan rata-rata}}{\text{Hujan maksimum}}$

q = Hujan terbesar per satuan luasan daerah aliran (m³/det/ km²)

F = Luasan daerah aliran (km²)

4. Metode Rasional

$$Q = \frac{CIA}{360} \dots\dots\dots(2.28)$$

dimana:

Q = Debit rencana saluran (m³/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan yang sesuai dengan waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah drainase (ha)

2.7 Koefisien Aliran Permukaan (C)

Salah satu konsep penting dalam upaya mengendalikan banjir adalah koefisien aliran permukaan (*runoff*) yang biasa dilambangkan dengan huruf C.

Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutupan tanah dan intensitas hujan (Suripin, 2004). Koefisien ini juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi turun pada hujan yang terus-menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Faktor lain yang juga mempengaruhi nilai C adalah air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah dan simpanan depresi.

Tabel 2.1 Koefisien Aliran Permukaan

| No | Tata guna lahan | Koefisien C |
|----|--|----------------------------|
| 1 | Daerah perdagangan | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Perkotaan • Pinggiran | 0,70 – 0,90 0,50 – 0,70 |
| 2 | Pemukiman | |
| | • Perumahan satu keluarga | 0,30 – 0,50 |
| | • Perumahan terpisah pisah | 0,40 – 0,60 |
| | • Perumahan bersambungan | 0,60 – 0,75 |
| | • Apartemen | 0,50 – 0,70 |
| | • Suburban | 0,25 – 0,40 |
| 3 | Industri | |
| | • Daerah industri ringan | 0,50 – 0,80 |
| | • Daerah industri berat | 0,60 – 0,90 |
| 4 | Taman, perkebunan | 0,10 – 0,25 |
| 5 | Taman bermain | 0,20 – 0,35 |
| 6 | Daerah stasiun kereta | 0,20 – 0,40 |
| 7 | Daerah belum diperbaiki | 0,10 – 0,30 |
| 8 | Jalan | 0,70 – 0,95 |
| 9 | Bata | |
| | • Jalan, hampan | 0,70 – 0,85 |
| | • Atap | 0,70 – 0,95 |

Sumber: (Ven Te Chow, 1998)

2.8 Debit Saluran

Debit Saluran dapat dihitung dengan persamaan kontinuitas:

$$Q = A \times V \quad \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

Q = Debit Limpasan

A = Tampang Aliran

V = Luasan

2.9 Penampang Melintang Saluran

Pada umumnya bentuk penampang yang biasa pada saluran-saluran pembuang kota adalah bentuk penampang tunggal mengingat pada banyak hal yang mendukung untuk digunakannya penampang ini, antara lain:

- Luas lahan yang tersedia untuk penampang melintang yang terbatas karena lebar jalan.
- Debit yang dialirkan melalui saluran-saluran yang ada tidak begitu besar.

Rumus-rumus yang digunakan dalam mendimensi saluran dengan penampang tunggal adalah sebagai berikut: (Rumus Manning)

1. Penampang saluran tunggal berbentuk persegi empat

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{0,5} \quad \dots\dots\dots(2.30)$$

$$R = A/P \quad (m)$$

$$P = B + 2H \quad (m)$$

$$A = B \cdot H \quad (m^2)$$

$$A = Q/V \quad (m^2)$$

2. Penampang saluran tunggal berbentuk trapesium

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{0,5} \quad \dots\dots\dots(2.31)$$

$$R = A/P \quad (m)$$

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

$$A = H (B + m \cdot H) \quad (m^2)$$

$$A = Q/V \quad (m^2)$$

Dimana :

V = kecepatan aliran (m/detik)

w = tinggi jagaan (m)

A = luas penampang aliran (m^2)

Q = debit air (m^3/s)

P = keliling basah aliran (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

n = kekasaran manning

S = kemiringan dasar saluran

B = lebar dasar saluran (m)

H = tinggi air (m)

m = kemiringan talud (1 vertikal : m horisontal)

2.10 Daya Pompa

Pompa air drainase umumnya beroperasi pada saat banjir, dan tinggi tekanan serta debitnya berubah-ubah sepanjang waktu. Terdapat berbagai jenis pompa tergantung dari konstruksinya, kapasitas dan spesifikasinya. Untuk pompa drainase umumnya digunakan jenis pompa turbin seperti pompa aliran aksial (*axial flow*) dimana tinggi pompa terutama ditimbulkan oleh gaya turbin pada air, jenis pompa ini banyak digunakan untuk debit yang cukup besar dengan ketinggian rendah. Selain pompa aliran aksial (*axial flow*) juga pompa aliran semi aksial (*mixed flow*) dimana tinggi pompa sebagian ditentukan oleh gaya dorong putaran turbin, pompa ini banyak digunakan untuk debit yang cukup besar dengan ketinggian sedang, termasuk dalam tipe ini adalah pompa ulir (*screw pumps*). Untuk pompa dengan kapasitas debit yang cukup besar dengan ketinggian besar, tinggi pompa terutama ditimbulkan oleh gaya dorong sentrifugal putaran turbin (*impeller*) pompa ini termasuk tipe pompa *centrifugal*. Sedangkan rumus yang digunakan untuk menghitung daya pompa (D_p) tersebut adalah sebagai berikut:

$$P = Q \times h \times \gamma_w, \quad h = \frac{P}{Q \times \gamma_w} \quad \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

P = Daya pompa (ft.lb/sec) (EGS)

P = Daya pompa (watt = Nm/sec) (SI)

γ_w = Berat jenis air (lb/ft³) (EGS)

γ_w = Berat jenis air (N/m³) (SI)

h = (ft) (EGS)

h = (m) (SI)

Q = Debit air (ft³/s) (EGS)

Q = Debit air (m³/s) (SI)

2.11 Gambar Penampang Memanjang dan Melintang

Pada pekerjaan-pekerjaan rekayasa seperti perencanaan jalan raya, jalan kereta api, saluran irigasi, lapangan udara, dll, sangat dibutuhkan bentuk profil atau tampang pada arah tertentu untuk perencanaan kemiringan sumbu proyek, hitungan volume galian atau timbunan tanah, dan lain-lain.

Pengukuran profil dibedakan atas profil memanjang searah dengan sumbu proyek dan profil melintang dengan arah memotong tegak lurus sumbu proyek pada interval jarak tertentu.

Penampang memanjang adalah irisan tegak pada lapangan dengan mengukur jarak dan beda tinggi titik-titik di atas permukaan bumi.

Untuk membuat penampang memanjang saluran primer dan Busem Wonorejo diperlukan elevasi dasar saluran, muka air, dan tebing rencana. Elevasi dasar saluran, muka air, dan tebing rencana dapat dicari dengan cara:

Elevasi dasar saluran:

$$\text{Elevasi awal} + (\text{Jarak antar potongan} \times S) \dots\dots\dots(2.33)$$

Elevasi muka air:

$$\text{Elevasi dasar saluran} + \text{tinggi muka air} \dots\dots\dots(2.34)$$

Elevasi tebing rencana:

$$\text{Tinggi muka air} + 0,5 \text{ m (safety factor)} \dots\dots\dots(2.35)$$