

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Penelitian Sebelumnya**

Tinjauan pustaka pada penelitian ini menggunakan beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

##### **2.1.1 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Perkotaan**

Hidayah (2016) membahas tentang Evaluasi Kapasitas Saluran Sistem Drainase Desa Pulorejo Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan. Menurut pengamatan peneliti, kondisi drainase di Desa Pulorejo perlu mendapat perhatian khusus dikarenakan mengalami penurunan kualitas. Saluran drainase Desa Pulorejo berfungsi untuk mengalirkan air hujan dari area permukiman menuju sungai yang dibawa keluar Desa Pulorejo, sehingga perlu dilakukan evaluasi sistem drainase di Desa Pulorejo.

Metode pada penelitian ini menggunakan pengumpulan data elevasi dasar saluran dan dimensi saluran drainase bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemiringan yang terjadi di dasar saluran drainase. Analisis hidrologi yang digunakan adalah untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada daerah pengaliran kali Silandak. Penghitungan hujan wilayah dilakukan menggunakan metode Polygon Thiessen berdasarkan pengaruh dari tiga stasiun hujan terhadap luas DAS sungai Lusi yang tercakup di setiap stasiun hujan. Penentuan pola distribusi menggunakan distribusi Log Pearson III, namun lebih meyakinkan

dilakukan uji kecocokan dengan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov. Dan untuk penghitungan debit rencana menggunakan metode Rasional.

Dari hasil analisis dan pembahasan pada penelitian tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa, Saluran drainase Desa Pulorejo Kecamatan Purwodadi secara keseluruhan dikatakan cukup baik, terbukti dengan tidak adanya genangan di beberapa titik lokasi. Debit banjir di Desa Pulorejo Kecamatan Purwodadi 5 Kabupaten Grobogan dengan menggunakan periode ulang 2 dan 5 tahun untuk saluran primer. Kondisi eksisting kapasitas saluran di lapangan diperoleh kapasitas yang memenuhi adalah 6 saluran primer dan 45 saluran sekunder.

## **2.12 Evaluasi Sistem Drainase Universitas Sebelas Maret Kota Surakarta**

Sistem drainase sudah menjadi salah satu infrastruktur perkotaan yang sangat penting (Mawarni, 2015 ). Kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada. Sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air. Sedangkan, drainase yang kurang baik menyebabkan berbagai masalah. Salah satunya genangan atau banjir. Sistem drainase yang berada di Kampus Universitas Sebelas Maret Surakarta sering menyebabkan banjir atau genangan air yang terjadi pada saat hujan tiba. Berdasarkan permasalahan di atas maka perlu dilakukan untuk menganalisis kinerja sistem drainase di Universitas Sebelas Maret Surakarta, serta memelihara saluran drainase yang memenuhi standar dan tidak memenuhi standar Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Metode yang digunakan adalah metode deskriptif dan evaluatif, yaitu metode studi yang mengevaluasi kondisi obyektif atau apa adanya sesuai dengan keadaan

pada obyek studi. Analisis yang digunakan dalam penelitian adalah analisis deskriptif kualitatif yaitu penelitian yang bertujuan menggambarkan secara tepat sifat-sifat suatu individu, keadaan atau gejala tertentu pada lokasi penelitian kinerja jaringan sistem drainase di Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Hasil dari penelitian ini adalah kinerja saluran drainase di Universitas Sebelas Maret Surakarta secara keseluruhan dapat dikatakan baik, terbukti dengan tidak adanya genangan di beberapa titik lokasi. Namun, tetap saja terjadi genangan di sejumlah titik. Revitalisasi yang dilakukan berupa perawatan dan pembersihan sedimetasi, rumput-rumput pengganggu atau kotoran lainnya untuk semua saluran, agar saluran dapat berfungsi sempurna sebagaimana mestinya serta tidak terjadi

**213 Perencanaan Sistem Drainase Kebon Agung Kota Surabaya Jawa Timur (Made Gita Pitaloka, Umboro Lasminto / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017)**

Saluran Kebon Agung membentang dari Surabaya bagian selatan, Kecamatan Jambangan dan bermuara di sisi laut Surabaya bagian Timur, Kecamatan Rungkut. Saluran ini memiliki panjang 11 kilometer dan lebar berkisar antara 7 – 12 meter. Pada saluran Kebon Agung terdapat 2 rumah pompa, yaitu Pompa Kutisari dan Pompa Kebon Agung. Rumah pompa ini sudah berfungsi agar dapat mengurangi banjir di Surabaya, namun masih kurang maksimal, sehingga masih terjadi genangan di beberapa lokasi. Menurut BAPPEKO (Badan Perencanaan Pembangunan Kota) Surabaya tahun 2015, terjadi genangan setinggi 10-40 cm di

Kecamatan Wonocolo dan setinggi 10- 50 cm di Kecamatan Gununganyar. Perencanaan sistem drainase Kebon Agung dilakukan dengan meninjau kondisi saluran eksisting terlebih dahulu, kemudian melakukan analisa hidrologi dengan menggunakan program bantu HEC-HMS untuk mendapatkan debit banjir rencana. Sedangkan, analisa hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS dengan dua kali simulasi aliran tidak tetap (unsteady flow), yaitu simulasi kondisi saluran eksisting dan hasil perencanaan.

**214 Studi Evaluasi dan Perencanaan Sistem Saluran Drainase Untuk Menanggulangi Banjir di Kota Puruk Cahu Kabupaten Murung Raya Provinsi Kalimantan Tengah (Ardian Suwindra, Ussy Andawayanti, Prima Hadi Wicaksono / Jurusan Pengairan / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2016)**

Dalam beberapa tahun terakhir diketahui terjadi genangan di Kota Puruk Cahu yang mengganggu aktifitas masyarakat. Evaluasi saluran drainasi dan simulasi banjir diperlukan untuk mengetahui faktor penyebabnya. Luapan Sungai Barito mencapai ketinggian +41,00. Hasil analisa debit banjir historis didapatkan besarnya debit adalah 6.821,12 m<sup>3</sup>/dt dengan kala ulang 6 tahunan. Evaluasi kapasitas saluran drainase dilakukan dengan metode perbandingan antara debit rencana dengan kala ulang 10 tahun dan kapasitas saluran. Sedangkan simulasi banjir menggunakan RAS Mapper pada software HECRAS 5.0.3 dengan debit banjir rancangan 1 tahun, 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun dengan alternatif solusi pembuatan tanggul dan kolam penampungan sementara dengan memanfaatkan lahan kosong di lokasi tersebut.

## **2.2 Pengertian Drainase**

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong – gorong dibawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir.

Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. (Dr. Ir. Suripin, M.Eng.2004)

Sedangkan pengertian tentang drainase kota pada dasarnya telah diatur dalam SK menteri PU No. 233 tahun 1987. Menurut SK tersebut, yang dimaksud drainase kota adalah jaringan pembuangan air yang berfungsi mengeringkan bagian-bagian wilayah administrasi kota dan daerah urban dari genangan air, baik dari hujan lokal maupun luapan sungai melintas di dalam kota.

## **2.3 Sejarah Perkembangan Drainase**

Ilmu drainase perkotaan bermula tumbuh dari kemampuan manusia mengenali lembah-lembah sungai yang mampu mendukung kebutuhan hidupnya. Adapun kebutuhan pokok tersebut berupa penyediaan air bagi keperluan rumah tangga, pertanian, perikanan, transportasi dan kebutuhan

social budaya.

Dari siklus keberadaan air di suatu lokasi dimana manusia bermukim, pada masa tertentu selalu terjadi keberadaan air secara berlebih, sehingga mengganggu kehidupan manusia itu sendiri. Selain daripada itu, kegiatan manusia semakin bervariasi sehingga menghasilkan limbah kegiatan berupa air buangan yang dapat mengganggu kualitas lingkungan hidupnya. Berangkat dari kesadaran akan arti kenyamanan hidup sangat bergantung pada kondisi lingkungan, maka orang mulai berusaha mengatur lingkungannya dengan cara melindungi daerah pemukimannya dari kemungkinan adanya gangguan air berlebih atau air kotor.

Dari sekumpulan pengalaman terdahulu dalam lingkungan masyarakat yang masih sederhana, ilmu drainase perkotaan dipelajari oleh banyak bangsa. Sebagai contoh orang Babilon mengusahakan lembah sungai Eufrat dan Tigris sebagai lahan pertanian yang dengan demikian pastitidak dapat menghindari permasalahan drainase. Orang Mesir telah memanfaatkan air sungai Nil dengan menetap sepanjang lembah yang sekaligus rentan terhadap gangguan banjir.

Penduduk di kawasan tropika basah seperti di Indonesia awalnya dibidang selalu tumbuh dari daerah yang berdekatan dengan sungai, dengan demikian secara otomatis mereka pasti akan berinteraksi dengan masalah gangguan air pada saat musim hujan secara periodic. Pada kenyataannya mereka tetap dapat menetap disana, dikarenakan mereka telah mampu mengatur dan menguasai ilmu pengetahuan tentang drainase.

Tepengaruh dengan perkembangan sosial budaya suatu masyarakat atau

suku bangsa, ilmu drainase perkotaan akhirnya harus ikut tumbuh dan berkembang sesuai dengan perubahan tata nilai yang berlangsung di lingkungannya.

Harus diakui bahwa pertumbuhan dan perkembangan ilmu drainase perkotaan dipengaruhi oleh perkembangan ilmu hidrolika, matematika, statistika, fisika, kimia, komputasi dan banyak lagi yang lain, bahkan juga ilmu ekonomi dan sosial sebagai ibu asuhnya pertama kali. Ketika didominasi oleh ilmu hidrologi, hidrolika, mekanika tanah, ukur tanah, matematika, pengkajian ilmu drainase perkotaan masih menggunakan konsep statistika.

Namun dengan semakin akrabnya hubungan ilmu drainase perkotaan dengan statistika, kesehatan, lingkungan, social ekonomi yang umumnya menyajikan suatu telaah akan adanya ketidakpastian dan menuntut pendekatan masalah secara terpadu (*intergrated*) maka ilmu drainase perkotaan semakin tumbuh menjadi ilmu yang mempunyai dinamika yang cukup tinggi. (H.A Halim Hasmar.2011)

## **2.4 Sistem Jaringan Drainase**

Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi atas 2 bagian, yaitu :

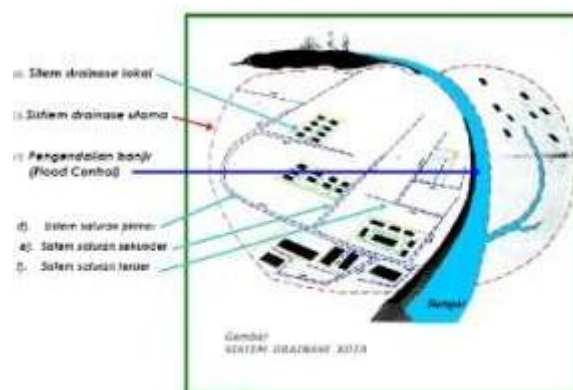
### **2.4.1 Sistem Drainase Mayor ( primer)**

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran/badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (Catchment Area). Pada umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (major

system) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal atau sungai-sungai. Perencanaan drainase makro ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5 sampai 10 tahun dan pengukuran topografi yang detail mutlak diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

#### 2.4.2 Sistem Drainase Mikro (Sekunder)

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar. Pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro.



Gambar 2.1 Sistem Drainase perkotaan



## 2.5 Jenis – Jenis Drainase

Drainase dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :

### 251 Menurut sejarah terbentuknya

#### 1. Drainase alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alamiah adalah sistem drainase yang terbentuk secara alami dan tidak ada unsur campur tangan manusia.

#### 2. Drainase buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase Buatan adalah sistem drainase yang dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran.

### 252 Menurut letak saluran

#### 1. Drainase permukaan tanah (*Surface Drainage*)

Drainase permukaan tanah adalah saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open channel flow.

#### 2. Drainase bawah tanah (*Sub Surface Drainage*)

Drainase bawah tanah adalah saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), Antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran dipermukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman, dan lain-lain.

### 3. Menurut konstruksi

#### a. Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah sistem saluran yang biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalirkan air hujan (sistem terpisah), namun kebanyakan sistem saluran ini berfungsi sebagai saluran campuran. Pada pinggiran kota, saluran terbuka ini biasanya tidak diberi lining (lapisan pelindung). Tetapi saluran terbuka di dalam kota harus diberi lining dengan beton atau pasangan batu (masonry).

#### b. Saluran Tertutup

Saluran tertutup adalah saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Sistem ini cukup bagus digunakan di daerah perkotaan terutama dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi seperti kota Metropolitan dan kota-kota besar lainnya.

### 4. Menurut fungsi

#### a. Single Purpose

Single purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.

#### b. Multy Purpose

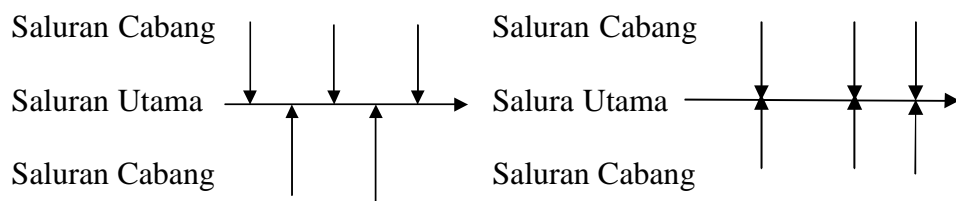
Multy purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian. (H.A Halim Hasmar.2011)

## 2.6 Pola Jaringan Drainase

Dalam perencanaan sistem drainase suatu kawasan harus memperhatikan pola jaringan drainasenya. Pola jaringan drainase pada suatu kawasan atau wilayah tergantung dari topografi daerah dan tata guna lahan kawasan tersebut. Adapun tipe atau jenis pola jaringan drainase sebagai berikut.

### a. Jaringan Drainase Siku

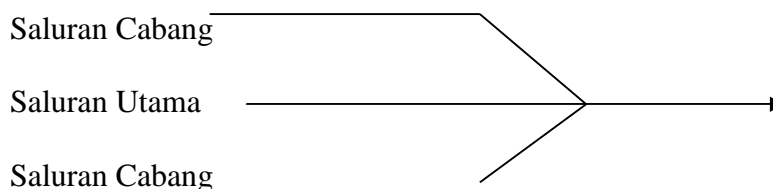
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai pembuang akhir berada di tengah kota.



Gambar 2.2 Pola Jaringan Drainase Siku

### b. Jaringan Drainase Paralel

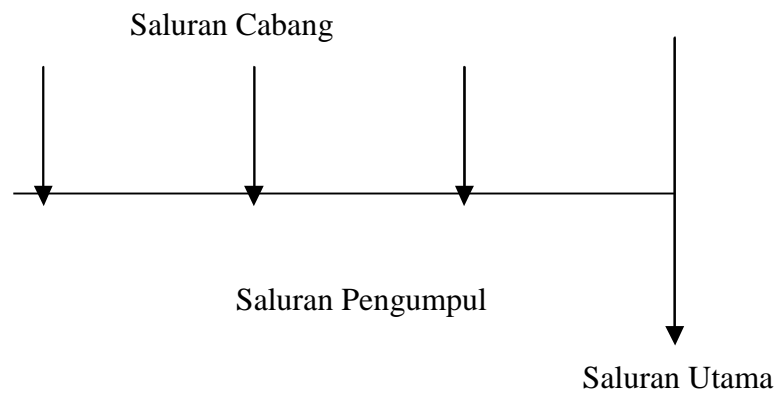
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan menyesuaikan.



Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase Paralel

## 1. Jaringan Drainase Grid Iron

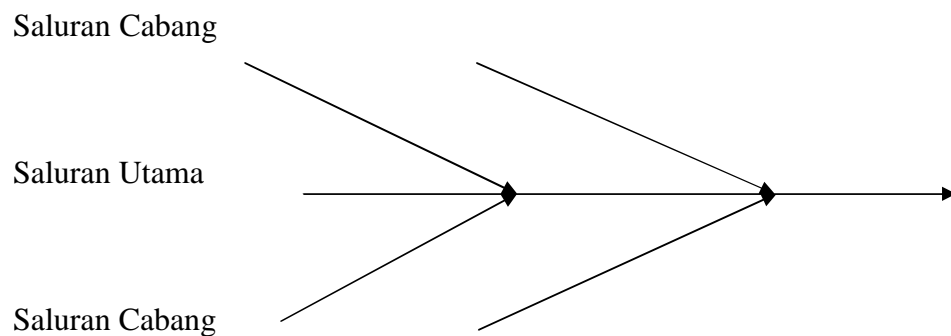
Untuk daerah dimana sungai terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Grid Iron

## 2. Jaringan Drainase Alamiah

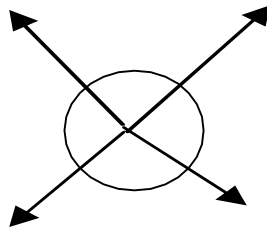
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase Alamiah

### 3. Jaringan Drainase Radial

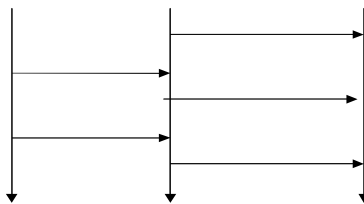
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.6 Pola Jaringan Drainase Radial

### 4. Jaringan Drainase Jaring-Jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar. (H.A Halim asmar.2011)



Gambar 2.7 Pola Jaringan Drainase Jaring- aring

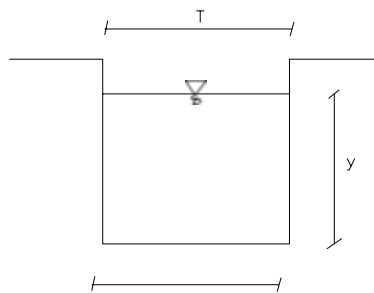
## 2.6 Bentuk Penampang Saluran Drainase

Bentuk-bentuk untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti kurang ekonomis, sebaliknya dimensi yang

terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Adapun bentuk saluran antara lain :

a. Persegi Panjang

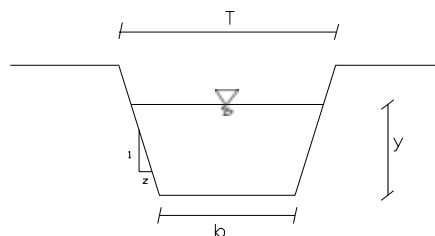
Saluran Drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus terbentuk dari pasangan batu ataupun coran beton.



Gambar 2.8 Saluran Bentuk Persegi

b. Trapesium

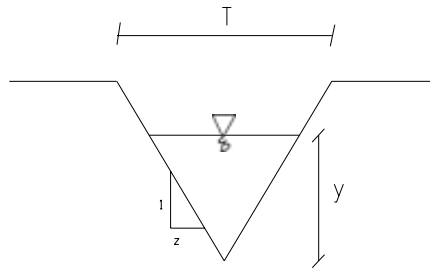
Pada umumnya saluran terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan coran beton. Saluran ini memerlukan cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi dengan debit yang besar.



Gambar 2.9 Saluran Bentuk Trapesium

c. Segitiga

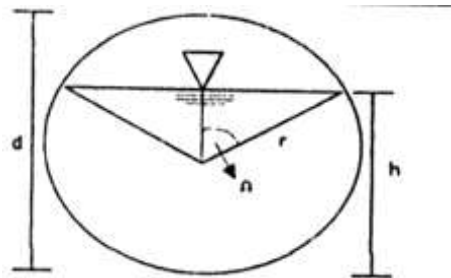
Bentuk saluran segitiga umumnya diterapkan pada saluran awal yang sangat kecil.



Gambar 2.10 Saluran Bentuk Segitiga

d. Lingkaran

Biasanya digunakan untuk gorong – gorong dimana salurannya tertanam di dalam tanah



Gambar 2.11 Saluran Bentuk Lingkaran

## 2.7. Pengertian Hidrologi

Hidrologi (berasal dari Bahasa Yunani: Υδρολογία, Υδωρ+Λογος, *Hydrologia*, "ilmu air") adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Orang yang ahli dalam bidang hidrologi

disebut hidrolog, bekerja dalam bidang ilmu bumi dan ilmu lingkungan, serta teknik sipil dan teknik lingkungan.

Kajian ilmu hidrologi meliputi hidrometeorologi (air yang berada di udara dan berwujud gas), potamologi (aliran permukaan), limnologi (air permukaan yang relatif tenang seperti danau; waduk), geohidrologi (air tanah), dan kriologi (air yang berwujud padat seperti es dan salju) dan kualitas air. Penelitian Hidrologi juga memiliki kegunaan lebih lanjut bagi teknik lingkungan, kebijakan lingkungan, serta perencanaan. Hidrologi juga mempelajari perilaku hujan terutama meliputi periode ulang curah hujan karena berkaitan dengan perhitungan banjir serta rencana untuk setiap bangunan teknik sipil antara lain bendung, bendungan dan jembatan.

Menurut Mahmud Ahmad 2011, Hidrologi adalah cabang ilmu dari ilmu kebumihan. Hidrologi merupakan ilmu yang penting dalam asesmen, pengembangan, utilisasi dana manajemen sumber daya air yang dewasa ini semakin meningkat realisasinya di berbagai level.

## **2.8. Analisis Hidrologi**

Untuk melakukan perencanaan drainase diperlukan penggunaan metode yang tepat. Ketidaksesuaian dalam penggunaan metode dapat mengakibatkan hasil perhitungan tidak tepat digunakan pada kondisi yang sebenarnya. Analisis hidrologi merupakan faktor yang paling berpengaruh



untuk merencanakan besarnya sarana penampungan dan pengaliran. Hal ini diperlukan untuk dapat mengatasi aliran permukaan yang terjadi agar tidak mengakibatkan terjadinya genangan. Beberapa aspek yang perlu ditinjau antara lain:

### **1. Analisis Frekuensi Data Hidrologi**

Tujuan Analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa- peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (independent) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik. (Menurut Suripin .2004)

Data yang diperlukan untuk menunjang teori kemungkinan ini adalah minimum 10 besaran hujan atau debit dengan harga tertinggi dalam setahun jelasnya diperlukan data minimum 5 tahun.

Karena terbatasnya data debit maka perkiraan besarnya limpasan, khususnya untuk daerah aliran yang tak terlampau besar, dihitung berdasarkan hubungan curah hujan terhadap larian dan analisa frekuensi curah hujan. Untuk daerah aliran yang mempunyai beberapa pos hujan, berbagai pertimbangan harus ditinjau supaya didapat harga ekstrim dari rata – rata curah hujan didalam daerah tersebut.

**a. Distribusi Metode Gumbel**

Analisis frekuensi untuk curah hujan rancangan ( x ) dengan metode Gumbel, yaitu :

$$x_t = \bar{x} + \frac{y_t - y_n}{y_n} \cdot s_n \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

$x_t$  = curah hujan rancangan dengan kala ulang T tahun

$\bar{x}$  = nilai rata – rata aritmatik hujan kumulatif

$y_t$  = *reduced variate*, merupakan fungsi dari kala ulang

$y_n$  = nilai yang tergantung pada “n”

$s_n$  = standar deviasi yang merupakan fungsi dari “n”

**b. Metode Log Pearson Type III**

Parameter statistic yang digunakan dalam distribusi *log pearson type III* adalah :

Curah Hujan Rancangan :

$$\log X_i = \log \bar{X} + G \cdot S_d \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan:

$\log X$  = Nilai Logaritmik dari X dengan kala ulang T tahun

$\log \bar{X}$  = Nilai rata-rata dari Log X

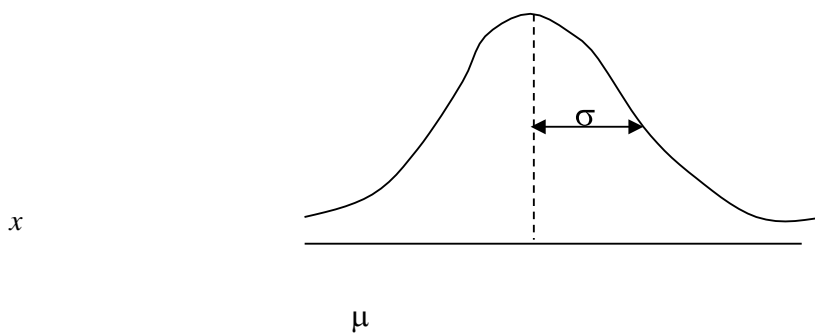
$S_d$  = Standar deviasi

$G$  = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari kaa ulang dan koefisien kemencengan.

$C_s$  = Koefisien Kemencengan atau Asimetris

### c. Distribusi Normal

Distribusi probabilitas menerus yang paling penting adalah distribusi normal. Secara grafiknya disebut kurva normal seperti gambar berikut:



Distribusi normal sering disebut juga dengan Distribusi Gauss.

Secara matematis distribusi normal tergantung dari dua variabel yaitu  $\mu$  (rata-rata) dan  $\sigma$  (deviasi standar). Fungsi kepadatannya (density function) sbb:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2}, \quad -\infty < x < \infty, \sigma$$

$\pi = 3.14159 \dots$

Notasi singkat distribusi ini adalah  $N(\mu, \sigma)$

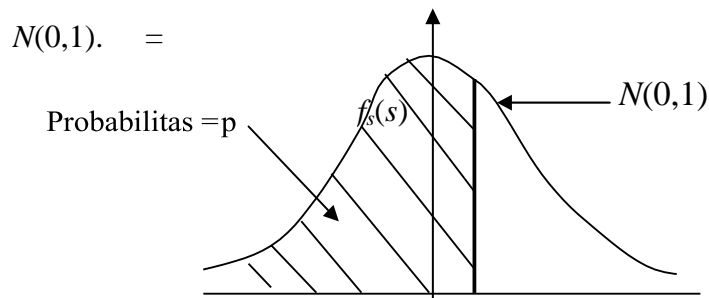
#### Distribusi Normal Standar

Distribusi Gauss dengan  $\mu = 0$ , dan  $\sigma = 1$ ; disebut sebagai distribusi normal standar dan ditulis sebagai  $N(0,1)$ . Sehingga fungsi kepadatannya adalah:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} x^2}, \quad -\infty < x < \infty,$$

Notasi khusus  $\Phi(s)$  biasanya digunakan untuk menandakan fungsi distribusi

variasi normal standar  $S$ .  $\Phi(s) = F_s(s)$ , dimana  $S$  adalah distribusi  $N(0,1)$ .



Gambar 2.12 Fungsi kepadatan normal standar

Dengan merujuk pada gambar diatas, maka

$$\Phi(s_p) = p$$

Sebaliknya, nilai variasi normal standar pada probabilitas kumulatif  $p$  dapatditulis sebagai:

$$s_p = \Phi^{-1}(p)$$

Fungsi distribusi dari  $N(0,1)$ , yakni  $\Phi(s)$  sudah dibuat dalam tabel di berbagai buku statitsik dan probabilitas, tabel ini disebut sebagai Tabel probabilitas normal. Contoh tabelnya sebagai berikut:

$X$	$\Phi(s)$
0.0	0.500000
0.01	0.503989
0.02	0.507978
0.50	0.694463

Tabel biasanya diberikan untuk nilai variasi yang positif, untuk nilai

yang negatif dapat diperoleh dengan:

$$\Phi(-s) = 1 - \Phi(s)$$

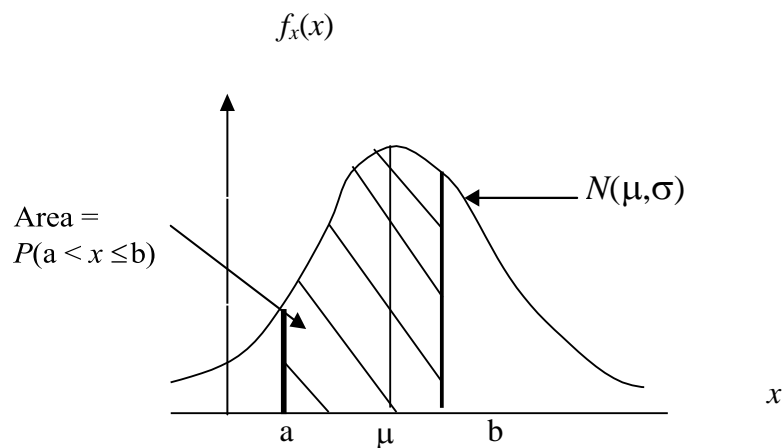
Nilai  $s$  untuk  $p < 0.5$  dapat dihitung dengan:

$$s = \Phi^{-1}(p) = -\Phi^{-1}(1-p)$$

Dengan tabel  $\Phi(s)$ , probabilitas untuk setiap distribusi normal yang lain dapat ditentukan sebagai berikut. Bila variasi normal  $X$  dengan distribusi  $N(\mu, \sigma)$ ; maka probabilitasnya adalah:

$$P(a < X \leq b) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

Area diatas dapat diilustrasikan seperti gambar berikut:



Gambar 2.13 Fungsi kepadatan probabilitas untuk  $N(\mu, \sigma)$

Persamaan diatas dapat juga diselesaikan dengan membuat perubahan variasi berikut:

$$z = \frac{(x - \mu)}{\sigma} \quad \text{dan} \quad dx = \sigma dz$$

sehingga:

$$\begin{aligned}
 P(a < X \leq b) &= \int_a^b \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(a-\mu)/\sigma}^{(b-\mu)/\sigma} e^{-(1/2)z^2} dz
 \end{aligned}$$

persamaan ini merupakan area (luasan) dari fungsi kepadatan normal standar antara  $(a-\mu)/\sigma$  dan  $(b-\mu)/\sigma$ . Sehingga dapat ditentukan dengan:

$$P(a < X \leq b) = \Phi \left( \frac{b-\mu}{\sigma} \right) - \Phi \left( \frac{a-\mu}{\sigma} \right)$$

Contoh: Dari data menunjukkan curah hujan total tahunan di suatu kolam penampung diperkirakan memiliki distribusi normal dengan rata-rata 60 in, dan deviasi standar 15 in.

- a. Tentukan probabilitas bahwa pada tahun depan curah hujan tahunan antara 40 sampai 70 in.

Solusi:

$$\begin{aligned}
 P(40 < X \leq 70) &= \Phi \left( \frac{70-60}{15} \right) - \Phi \left( \frac{40-60}{15} \right) \\
 &= \Phi(0.67) - \Phi(-1.33) \\
 &= \Phi(0.67) - 1 - \Phi(1.33)
 \end{aligned}$$

Dari tabel diperoleh:

$$P(40 < X \leq 70) = 0.7486 - (1 - 0.9082) = 0.6568$$

- b. Berapa probabilitas curah hujan tahunan (minimal) 30 in

$$P(X \geq 30) = \Phi(\infty) - \Phi \left( \frac{30-60}{15} \right)$$

$$= 1 - \Phi(-2.00) = 1 - [1 - \Phi(2.00)] = \Phi(2.00)$$

$$= 0.9772$$

c. Tentukan nilai curah hujan tahunan bila disktribusi kumulatifnya adalah 10%.

$$P(X \leq x_{.10}) = 0.10$$

$$\Phi \frac{x_{.10} - 60}{15} = 0.10$$

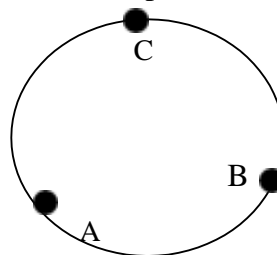
Dari table menunjukkan bahwa probabilitas kurang dari 0.5 terkait dengan nilai variasi negative sehingga;

$$\frac{x_{.10} - 60}{15} = \Phi^{-1}(0.10) = -\Phi^{-1}(0.90) = -1.2815$$

$$\text{Sehingga, } x_{.10} = 60 - 1.2815 \cdot 15 = 40.8 \text{ mm}$$

Contoh: struktur cangkang ditopang oleh tiang-tiang A, B, C seperti tunjukkan pada gambar berikut:

Walaupun beban dari atap dapati perkirakan dengan tepat, namun kondisi tanah tidak bisa diprediksi dengan tepat.



Asumsikan bahwa penurunan pondasi  $\rho_A, \rho_B, \rho_C$ , adalah variasi normal bebas dengan rata-rata 2, 2.5; dan 3 cm. Koefesien varians masing-masing adalah 20%, 20%, 25%. Berapa probabilitas maksimum penurunan melebihi 4 cm?

$$\text{Solusi: } P(\max \rho > 4) = 1 - P(\max \rho \leq 4)$$

$$\begin{aligned}
&= 1 - P(X \leq 4 \cap X \leq 4 \cap X \leq 4) \\
&= 1 - P(X \leq 4)P(X \leq 4)P(X \leq 4) \\
&= 1 - \Phi\left(\frac{4-2}{0.4}\right) \Phi\left(\frac{4-2.5}{0.5}\right) \Phi\left(\frac{4-3}{0.75}\right) \\
&= 1 - \Phi(5) \Phi(3) \Phi(1.333) \\
&= 1 - 1 \cdot 0.9986 \cdot 0.9088 = 0.0925
\end{aligned}$$

#### d. Distribusi Logaritmik Normal (Log-normal)

Suatu variabel acak  $X$  merupakan distribusi probabilitas logaritmik normal (log-normal) bila  $\ln X$  (logaritmik natural  $X$ ) adalah normal.

Dalam kasus ini fungsi kepadatannya adalah:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \frac{1}{x} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad 0 \leq x < \infty$$

dimana rata-rata  $= \mu = \ln(1/\lambda)$  dan deviasi standar  $= \sigma =$   
 $\frac{1}{\lambda} \ln(1/\lambda)$

Karena transformasi logaritmik distribusi probabilitas log-normal dapat ditentukan dengan menggunakan distribusi normal.

$$P(a < X \leq b) = \int_a^b \frac{1}{x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx$$

Bila,  $\mu = \frac{1}{\lambda} \ln(1/\lambda)$ , maka  $P(a < X \leq b) =$

$$P(a < X \leq b)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(\ln a - \mu)/\sigma}^{(\ln b - \mu)/\sigma} \frac{1}{x} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz = \Phi\left(\frac{\ln b - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\ln a - \mu}{\sigma}\right)$$

Rumus diatas menunjukkan probabilitas adalah fungsi dari



parameter  $\lambda$  dan  $\zeta$ . Parameter ini terkait dengan nilai rata-rata  $\mu$  dan deviasi standar  $\sigma$ .

Misalkan  $Y = \ln X$ , merupakan distribusi normal  $\mu, \sigma$ , maka

$$f_Y(y) = f_X(x) \cdot \left| \frac{dx}{dy} \right| = f_X(e^y) \cdot e^y$$

$$= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] \cdot x$$

$$= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] \cdot x$$

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] \cdot x$$

Persamaan dalam tanda kurung diatas adalah total satu satuan luas dari fungsi kepadatan Gauss  $\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right]$ . Oleh karena itu:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] dx = 1$$

Dengan cara yang sama, varians dari X adalah:

$$E[X^2] = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f_X(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] \cdot x dx$$

$$= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x^3 \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] dx$$

$$= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x^3 \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] dx$$

$$= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x^3 \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] dx$$

$$= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x^3 \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] dx$$

Karena;  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln x - \mu)^2}{\sigma^2}\right] dx = 1$ ; maka

$$\ln \frac{\sigma}{\mu} = \ln \left( 2 \sigma + \sigma^2 - 2 \sigma + \frac{1}{2} \right) = \sigma^2 - 1$$

dari persamaan diatas kita dapatkan:

$$\sigma^2 = 1 + \frac{\sigma^2}{\sigma^2};$$

Bila  $\sigma/\mu$  tidak besar  $\leq 0.30$ , maka  $1 + \frac{\sigma^2}{\sigma^2} \cong \frac{\sigma^2}{\sigma^2};$

sehingga:

$$\sigma \cong \frac{\sigma}{\sigma} = \sigma = \mu \sigma$$

Median  $\mu_{\sigma}$  = nilai tengah dari log-normal adalah:

$$\mu_{\sigma} \leq \mu = 0.5 \text{ atau } \Phi \left( \frac{\ln \mu_{\sigma} - \mu}{\sigma} \right) = 0.5; \text{ maka:}$$

$$\frac{\ln \mu_{\sigma} - \mu}{\sigma} = \Phi^{-1} (0.5) = 0 \rightarrow \mu_{\sigma} = 1 \mu_{\sigma}$$

Sebaliknya:  $\mu_{\sigma} = \mu^{\sigma}$

Dengan menggunakan persamaan-persamaan sebelumnya diperoleh:

$$\mu_{\sigma} = \frac{\mu}{1+\sigma^2} \rightarrow \mu_{\sigma} = 1 \mu \frac{\mu}{1+\sigma^2}$$

Hal ini berarti median dari suatu distribusi log-normal selalu lebih kecil dari nilai rata-ratanya, yakni  $\mu_{\sigma} < \mu$

**Contoh:** Dari data menunjukkan curah hujan total tahunan di suatu kolam penampung diperkirakan memiliki distribusi log-normal dengan rata-rata 60 in, dan deviasi standar 15 in.

a. Tentukan probabilitas bahwa pada tahun depan curah hujan tahunan antara 40 sampai 70 in.

Solusi:

$$\sigma \cong \frac{\sigma}{\sigma} = \frac{15}{60} = 0.25$$

$$\sigma^2 = 1 \sigma \sigma \frac{1}{2} \sigma^2 = 1 \sigma 60 \frac{1}{2} 0.25^2 = 4.06$$

$$\begin{aligned} P(40 < X \leq 70) &= \Phi \frac{30 - 4.06}{0.25} - \Phi \frac{40 - 4.06}{0.25} \\ &= \Phi 0.75 - \Phi -1.48 \\ &= \Phi 0.75 - 1 - (1.48) \end{aligned}$$

Dari table diperoleh:

$$P(X \leq 70) = 0.773373 - 0.069437 = 0.7039$$

b. Berapa probabilitas curah hujan tahunan paling tidak (minimal) 30 in

$$\begin{aligned} P(X \geq 30) &= \Phi \infty - \Phi \frac{30 - 4.06}{0.25} \\ &= 1 - \Phi -2.64 = 0.9958 \end{aligned}$$

c. Tentukan nilai curah hujan tahunan bila disktribusi kumulatifnya adalah

10%

$$\begin{aligned} P(X \leq x_{10}) &= 0.10 \\ \Phi \frac{1 \sigma x_{10} - 4.06}{0.25} &= 0.10 \end{aligned}$$

Dari tabel menunjukkan bahwa probabilitas kurang dari 0.5 terkait dengan

nilai variasi negative, sehingga;

$$\frac{1 \sigma x_{10} - 4.06}{0.25} = \Phi^{-1} 0.90 = -1.28$$

Sehingga,  $1 \sigma x_{10} = 4.06 - 1.28 \cdot 0.25 = 3.74$

$$x_{10} = \sigma^{3.74} = 42.10 \sigma \sigma \sigma$$

## 2.9. Curah Hujan Regional / Wilayah

Jika di dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata – rata untuk mendapatkan nilai curah hujan areal. (Soemarto, C.D, 1995)

Ada 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada areal tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos penakar atau pencatat. (Soemarto, C.D, 1995)

### 1. Metode Rerata Aljabar

Tinggi rata – rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata – rata hitung pengukuran hujan di stasiun curah hujan didalam catchment area tersebut.

$$R = \frac{1}{N} \times (R_A + R_B + R_C + \dots + R_n) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan :

R = tinggi curah hujan rata-rata

R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, ..., R<sub>n</sub> = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ..., n

N = banyaknya pos penakar

### 2. Cara poligon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (weighted average). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegaklurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

$$\bar{R} = \frac{R_1 A_1 + R_2 A_2 + R_3 A_3 + \dots + R_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan :

A = luas areal

R = tinggi curah hujan rata-rata areal

R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, ..., R<sub>n</sub> = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n

A<sub>A</sub>, A<sub>B</sub>, ..., A<sub>n</sub> = luas daerah pengaruh pos 1, 2, ..., n

(Soemarto C.D, 1995)

### 3. Cara isohyet

Dengan cara ini, kita harus menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (isohyet).

$$\bar{R} = \frac{R_1 \frac{A_1 + A_2}{2} + R_2 \frac{A_2 + A_3}{2} + \dots + R_{n-1} \frac{A_{n-1} + A_n}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan :

A = luas areal

R = tinggi curah hujan rata-rata areal

R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, ..., R<sub>n</sub> = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n

A<sub>A</sub>, A<sub>B</sub>, ..., A<sub>n</sub> = luas daerah pengaruh pos 1, 2, ..., n

(Soemarto C.D, 1995)

### 2.10. Analisa Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan ( mm/Jam ), yang artinya tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu per jam.

Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan beberapa rumus, salah satunya seperti :

Rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \frac{24}{t_c}^{2/3} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan ( mm/jam )

R<sub>24</sub> = Curah hujan harian maksimum ( mm )

t<sub>c</sub> = Waktu Konsentrasi ( jam )

$$t_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots (2.10)$$

$$t_1 = \frac{L}{v} + \frac{L_o}{v} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$t_2 = \frac{L}{v} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

t<sub>1</sub> = waktu inlet ( menit )

t<sub>2</sub> = waktu aliran ( menit )

L<sub>o</sub> = jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase ( m )

L = panjang saluran ( m )

nd = koefisien hambatan ( tabel 2, Dewan Standarisasi Nasional )

s = kemiringan daerah pengaliran

v = kecepatan air rata – rata disaluran ( m/det )

### 2.11. Debit Air Hujan / Limpasan

Debit air hujan atau debit limpasan adalah apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu Daerah Aliran Sungai melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju

infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan – cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan – cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir diatas permukaan tanah. Debit air hujan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus Debit Limpasan :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

Q = Debit aliran air limpasan (m<sup>3</sup>/detik)

C = Koefisien *run off* (berdasarkan standar baku)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (ha)

0,278 = Konstanta

Tabel 2.1 Koefisien Pengaliran atau C

Type Daerah Aliran	Harga C	
Perumputan	Tanah pasir, datar, 2%	0,05-0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	Tanah pasir, curam 7%	0,15-0,20
	Tanah gemuk, datar 2%	0,13-0,17
	Tanah gemuk rata-rata 2-7%	0,18-0,22
	Tanah gemuk, curam 7%	0,25-0,35
Business	Daerah kota lama	0,75-0,95
	Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	Daerah "single family"	0,30-0,50
	"multi unit" terpisah-pisah	0,40-0,60
	"multi unit" tertutup	0,60-0,75
	"sub urban"	0,25-0,40
	daerah rumah-rumah apartemen	0,50-0,70
Industri	Daerah ringan	0,50-0,80
	Daerah berat	0,60-0,90
Pertamanan		0,10-0,25
Tempat bermain		0,20-0,35
Halaman kereta api		0,20-0,40

Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI03-3424-1994

## 2.12. Analisa Hidrolika

Banyaknya debit air hujan yang ada dalam suatu kawasan harus segera di alirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkannya diperlukan saluran yang dapat menampung dan mengalirkan air tersebut ke tempat penampungan. Penampungan tersebut dapat berupa sungai atau kolam retensi. Kapasitas pengaliran dari saluran tergantung pada bentuk, kemiringan dan kekasaran saluran. Sehingga penentuan kapasitas tampung harus berdasarkan atas besarnya debit air hujan.

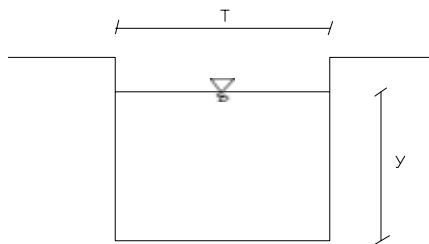
### 2.12.1 Dimensi Saluran

Dalam perencanaan dimensi saluran harus di usahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai.

$$\text{Debit Saluran : } Q = V \cdot A \dots\dots\dots (2.14)$$

#### 1. Kriteria Penampang Ekonomis

##### a. Persegi Panjang



$$\text{Luas (A)} = b \cdot y$$

$$\text{Keliling basah (P)} = b + 2y$$

$$\text{Jari-jari Hidrolik (R)} = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$$

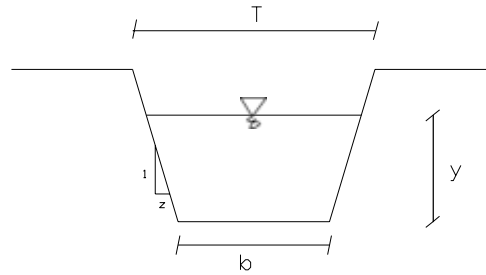


$$\text{Lebar Puncak (T)} = b$$

$$\text{Kedalaman Hidrolik (D)} = y$$

$$\text{Faktor Penampang (Z)} = (b \cdot y)^{1,5}$$

b. Trapezium



$$\text{Luas (A)} = (b + zy) y$$

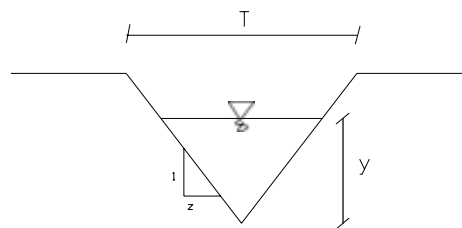
$$\text{Keliling Basah (P)} = b + 2y \sqrt{1 + z^2}$$

$$\text{Jari-jari Hidrolik} = \frac{(b + zy) \cdot y}{b + 2y \sqrt{1 + z^2}}$$

$$\text{Lebar Puncak (T)} = b + 2zy$$

$$\text{Faktor Penampang} = \frac{(b + zy)^2 y}{b + 2y \sqrt{1 + z^2}}$$

c. Segitiga



$$\text{Luas (A)} = zy^2$$

$$\text{Keliling Basah (P)} = 2y \sqrt{1 + z^2}$$

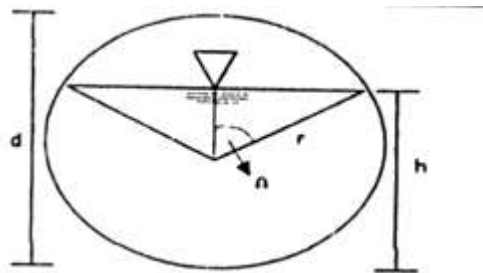
$$\text{Jari-jari Hidrolik} = \frac{A}{P}$$

$$\text{Lebar Puncak (T)} = 2zy$$

$$\text{Kedalaman Hidrolik} = \frac{1}{2} y$$

$$\text{Faktor Penampang} = \frac{A^3}{P^3}$$

d. Lingkaran



$$\text{Luas (A)} = \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)D^2$$

$$\text{Keliling Basah} = \frac{1}{2} \theta \times D$$

$$\text{Jari- jari Hidrolik (R)} = \frac{1}{2} \frac{D^2}{\theta}$$

$$\text{Lebar Puncak (T)} = 2 y \sqrt{D - y}$$

$$\text{Kedalaman Hidrolik (D)} = \frac{1}{8} \frac{\theta \sin \theta}{\sin \frac{1}{2}\theta} \times D$$

$$\text{Faktor Penampang (Z)} = \frac{2(\theta - \sin\theta)^{1.5}}{32(\frac{\theta}{2})^{0.5}} \times D^{2.5}$$

( Ven Te Chow, 1985)

2. Prosedur Desain

a. Hitung A desain (Ad)  $\rightarrow Ad \frac{Q}{V_{izin}} \dots\dots\dots(2.15)$

Tabel 2.2 Desain Saluran Berdasarkan Kecepatan Izin

No	Jenis Bahan	Vizin (m/det)
1	Pasir Halus	0.45
2	Lempung Kepasiran	0.5
3	Lahan Aluvial	0.6
4	Kerikil Halus	0.75
5	Lempung Kokoh	1.1
6	Lempung Padat	1.2
7	Batu – batu Besar	1.5
8	Pasangan Bata	1.5
9	Beton	1.5

Sumber: Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI 03-3424-1994

b. Hitung A ekonomis (Ae) → digunakan kriteria penampang ekonomis sesuai dengan penampang.

c. Buat persamaan Ad = Ae

Dari persamaan tersebut akan didapat b dan y

d. Hitung jagaan :  $w = \overline{0,5} \dots\dots\dots(2.16)$

e. Hitung kemiringan dasar saluran :

Rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots(2.17)$$

Rumus Chezy

$$V = C R^{1/2} I^{1/2} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

n = koefisien kekasaraan saluran manning

R = jari – jari hidrolis (m)

I = kemiringan saluran (%)

Q = debit maksimum (m<sup>3</sup>/det)

$V$  = kecepatan rata – rata aliran (m/det)

$P$  = keliling basah (m)

$A$  = luas penampang basah (m)

$w$  = jagaan

Tabel 2.3 Kemiringan Dinding Saluran Sesuai Bahan

No	Bahan Saluran	Kemiringan (m)
1	Batuan / Cadas	~0
2	Tanah Lumpur	0.25
3	Lempung Keras / Tanah	0.5 – 1.0
4	Tanah dengan Pasangan	1
5	Batu	1.5
6	Lempung	2
7	Tanah Berpasir Lepas Lumpur Berpasir	3

Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI 03-3424-1994

### 2.13 Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) adalah pedoman baku alat untuk menghitung harga standard satuan pekerjaan konstruksi. AHSP diterbitkan oleh setiap instansi terkait di setiap Pemerintah Daerah Kabupaten dan Kota Madya di seluruh wilayah Indonesia dalam hal ini oleh Dinas Pekerjaan Umum Kab/Kota. Yang dimaksud harga satuan pekerjaan adalah harga satuan setiap pekerjaan dalam pekerjaan konstruksi. Ruang lingkup pekerjaan konstruksi meliputi pekerjaan bangunan gedung, bangunan air, jalan, jembatan, galangan kapal, bandara, bangunan konstruksi baja, termasuk bangunan rumah tinggal.

Dalam setiap lingkup pekerjaan/proyek terdiri dari pekerjaan-pekerjaan tertentu. Dalam lingkup pekerjaan bangunan gedung termasuk bangunan rumah tinggal terdiri dari pekerjaan-pekerjaan : pekerjaan Persiapan; pekerjaan pondasi, pekerjaan beton; pekerjaan dinding, pekerjaan atap, pekerjaan lantai, pekerjaan plapond, dst. Pada setiap pekerjaan tersebut masih ada sub pekerjaan, misalnya pada pekerjaan pondasi : pekerjaan galian pondasi, pasangan pondasi batu kali, pondasi tiang pancang, dst. Pada setiap pekerjaan atau sub pekerjaan terdiri dari komponen bahan material, upah kerja, sewa alat dsb. Untuk menentukan harga satuan pekerjaan tersebut maka harus menggunakan AHSP. Dalam AHSP ukuran untuk menentukan harga satuan pekerjaan, maka setiap bahan atau tenaga yang diperlukan diberi angka koefisien. Angka koefisien inilah sebagai rumus atau pedoman yang dijadikan alat pengali terhadap volume pekerjaan, harga material, dan upah kerja sehingga menghasilkan harga satuan untuk setiap pekerjaan. AHSP adalah para konsultan perencana, konsultan pengawas, dan kontraktor pelaksana konstruksi dalam rangka melaksanakan kegiatan yang berkaitan dengan bidang yang menjadi kewenangan masing-masing dalam melaksanakan pekerjaan jasa konstruksi.

Analisa harga Satuan Pekerjaan Konstruksi (AHSP) diterbitkan setiap tahun. Yang berubah dari setiap terbitan AHSP biasanya harga satuan bahan dan upah, sedangkan koefisien AHS relatif tidak berubah. Adapun koefisien yang digunakan dalam proyek ini yaitu AHS – SNI 2018.

### a. Time Schedule

adalah rencana alokasi waktu untuk menyelesaikan masing-masing item pekerjaan proyek yang secara keseluruhan adalah rentang waktu yang ditetapkan untuk melaksanakan sebuah proyek. Time schedule pada proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk :

#### 1. Kurva S Kurva – S

adalah suatu kurve yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai komulatif biaya atau jam-orang (man hours) yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian pada kurva–S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek. Dengan membandingkan kurva tersebut dengan kurva yang serupa yang disusun berdasarkan perencanaan, maka akan segera terlihat dengan jelas apabila terjadi penyimpangan. Oleh karena kemampuannya yang dapat diandalkan dalam melihat penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaan proyek, maka pengendalian proyek dengan memanfaatkan Kurva–S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek.

Pada Kurva–S, sumbu mendatar menunjukkan waktu kalender, dan sumbu vertikal menunjukkan nilai komulatif biaya atau jam-orang atau persentase penyelesaian pekerjaan. Kurva yang berbentuk huruf ”S” tersebut lebih banyak terbentuk karena kelaziman dalam pelaksanaan proyek yaitu:

- a. Kemajuan pada awal-awalnya bergerak lambat.
- b. Kemudian diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
- c. Pada akhirnya kegiatan menurun kembali dan berhenti pada suatu titik akhir.

## 2. Bar Chart

adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal, dan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Bagan balok terdiri atas sumbu x dan sumbu y, sumbu y yang menyatakan uraian kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek sedangkan sumbu x menyatakan durasi atau waktu yang dibutuhkan dalam setiap aktifitas dengan satuan harian, mingguan dan bulanan.

Barchart atau bagan balok Bar chart ditemukan oleh L. Gantt Chart dan Fredick W. Taylor dalam bentuk bagan balok, panjang balok mempresentasikan sebagai durasi setiap kegiatan. Keuntungan dari bagan balok ini adalah informatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana. Selain itu pada bagan balok ini juga dapat ditentukan milestone sebagai bagian target yang harus diperhatikan guna kelancaran produktifitas proyek secara keseluruhan. Pada proses updating, bagan balok dapat diperpendek atau diperpanjang,

yang menunjukkan bahwa durasi kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan dalam proses perbaikan jadwal.

Kelemahan atau kekurangan bar chart Penyajian informasi bagan balok terbatas, maksudnya hubungan antar kegiatan tidak jelas. Lintasan kritis kegiatan proyek tidak dapat diketahui, karena urutan kegiatan kurang terinci maka bila terjadi keterlambatan proyek, prioritas kegiatan yang akan dikoreksi menjadi sulit untuk dilakukan.

### 3. Network Planning Network

adalah sebuah jaringan kerja yang dimaksudkan pada sebuah proyek kerja konstruksi. Untuk memudahkan pelaksanaan sebuah proyek konstruksi, maka diperlukan adanya sebuah perencanaan yang baik agar seluruh kegiatan dapat berjalan dengan lancar. Perencanaan jaringan kerja pada sebuah proyek lebih dikenal dengan istilah network planning (NWP).

Sebuah network planning adalah gambaran kejadian-kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terjadi dan dibuat secara kronologis serta dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya. Ini juga merupakan teknik dalam perencanaan kegiatan atau proyek yang dapat menjawab pertanyaan bagaimana mengelola suatu proyek dan dasar yang kokoh bagi seorang pimpinan proyek untuk menentukan kebijakan di dalam suatu proyek konstruksi agar dapat berjalan dengan sesuai yang telah direncanakan, sebuah network planning merupakan alat bagi seorang pimpinan proyek untuk dapat Universitas Sumatera Utara 35 melaksanakan penjadwalan



dan pengendalian yang cermat dalam pelaksanaan suatu kegiatan proyek konstruksi.

4. schedule harian, schedule mingguan, bulanan, tahunan atau waktu tertentu.
5. Pembuatan time schedule dengan bantuan software seperti ms project.

Tujuan atau manfaat pembuatan time schedule pada sebuah proyek konstruksi antara lain:

- a. Pedoman waktu untuk pengadaan sumber daya manusia yang dibutuhkan.
- b. Pedoman waktu untuk pendatangan material yang sesuai dengan item pekerjaan yang akan dilaksanakan.
- c. Pedoman waktu untuk pengadaan alat alat kerja.
- d. Time schedule juga berfungsi sebagai alat untuk mengendalikan waktu pelaksanaan proyek.
- e. Sebagai tolok ukur pencapaian target waktu pelaksanaan pekerjaan.
- f. Time schedule sebagai acuan untuk memulai dan mengakhiri sebuah kontrak kerja proyek konstruksi.
- g. Sebagai pedoman pencapaian progress pekerjaan setiap waktu tertentu.
- h. Sebagai pedoman untuk penentuan batas waktu denda atas keterlambatan proyek atau bonus atas percepatan proyek.
- i. Sebagai pedoman untuk mengukur nilai suatu investasi Universitas

Untuk dapat menyusun time schedule atau jadwal pelaksanaan proyek yang baik dibutuhkan:

- a. Gambar kerja proyek
- b. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
- c. Bill of Quantity ( BQ ) atau daftar volume pekerjaan
- d. Data lokasi proyek berada
- e. Data sumberdaya meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
- f. Data sumber daya material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
- g. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang di butuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
- h. Data cuaca atau musim di lokasi pekerjaan proyek.
- i. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek.
- j. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan.
- k. Data kapasitas prosduksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, material.
- l. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran progress.