

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Drainase**

Definisi drainase secara garis besar yaitu sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik air yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan dan atau lahan agar fungsi dari kawasan tersebut tidak terganggu. Selain itu drainase dapat didefinisikan 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 suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut (Suripin, 2004).

Drainase merupakan salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase di sini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air dan banjir. Kegunaan dengan adanya saluran drainase ini adalah untuk mengeringkan daerah genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah, menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal, mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada, mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir (Hasmar, 2002).

Bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*) dan badan air penerima (*receiving water*). Di sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, siphon, pelimpah, bangunan terjun dan stasiun pompa (Suripin, 2004).

Persyaratan dalam perencanaan drainase adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan drainase harus sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuang air sepenuhnya berdaya guna dan hasil guna.
2. Pemilihan dimensi dari fasilitas drainase harus mempertimbangkan faktor ekonomi dan faktor keamanan.
3. Perencanaan drainase harus mempertimbangkan segi kemudahan dan nilai ekonomis terhadap pemeliharaan sistem drainase tersebut. Dalam merencanakan drainase permukaan jalan dilakukan perhitungan debit aliran (Q) perhitungan dimensi serta kemiringan selokan dan gorong-gorong, rumus-rumus, tabel, grafik serta contoh perhitungannya (SNI 03-3424: Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan, 1994).

Kegunaan dengan adanya saluran drainase ini antara lain (Suripin, 2004):

- a. Mengeringkan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
- b. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
- c. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
- d. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

### **2.1.1 Drainase Perkotaan**

Sistem drainase perkotaan yaitu sebagai salah satu sistem drainase dalam perencanaan di daerah perkotaan, berikut definisi drainase perkotaan (Hasmar, 2002).

1. Drainase perkotaan yaitu ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial-budaya yang ada di kawasan kota.
2. Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi :
  - a. Pemukiman
  - b. Kawasan industri dan perdagangan
  - c. Kampus dan sekolah
  - d. Rumah sakit dan fasilitas umum
  - e. Lapangan olahraga

- f. Lapangan parkir
- g. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi
- h. Pelabuhan udara.

### **2.1.2 Sistem Drainase Perkotaan**

Standar dan sistem penyediaan drainase kota sistem penyediaan jaringan drainase terdiri dari empat macam, yaitu (Hasmar, 2002).

1. Sistem drainase utama merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat kota.
2. Sistem drainase lokal merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian kecil warga masyarakat kota.
3. Sistem drainase terpisah merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan terpisah untuk air permukaan atau air limpasan.
4. Sistem gabungan merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan yang sama, baik untuk air genangan atau air limpasan yang telah diolah.

### **2.1.3 Sarana Drainase Perkotaan**

Sarana penyediaan sistem drainase perkotaan dan pengendalian banjir adalah (Hasmar, 2002):

1. Penataan sistem jaringan drainase primer, sekunder dan tersier melalui normalisasi maupun rehabilitasi saluran guna menciptakan lingkungan yang aman dan baik terhadap genangan, luapan sungai, banjir kiriman, maupun hujan lokal. Berdasarkan masing-masing jaringan dapat didefinisikan sebagai berikut :
  - a. Jaringan primer merupakan saluran yang memanfaatkan sungai dan anak sungai.
  - b. Jaringan sekunder merupakan saluran yang menghubungkan saluran tersier dengan saluran primer (dibangun dengan beton/plesteran semen).
  - c. Jaringan tersier merupakan saluran untuk mengalirkan ke saluran sekunder, berupa plesteran, pipa dan tanah.

2. Memenuhi kebutuhan dasar (*basic need*) drainase bagi kawasan hunian dan kota.
3. Menunjang kebutuhan pembangunan (*development need*) dalam menunjang terciptanya skenario pengembangan kota untuk kawasan andalan dan menunjang sektor unggulan yang berpedoman pada Rencana Umum Tata Ruang Kota. Sedangkan arahan dalam pelaksanaannya adalah :
  - a. Harus dapat diatasi dengan biaya ekonomis.
  - b. Pelaksanaannya tidak menimbulkan dampak sosial yang berat.
  - c. Dapat dilaksanakan dengan teknologi sederhana.
  - d. Memanfaatkan semaksimal mungkin saluran yang ada.
  - e. Jaringan drainase harus mudah pengoperasian dan pemeliharaannya.
  - f. Mengalirkan air hujan ke badan sungai yang terdekat.

#### **2.1.4 Sistem Jaringan Drainase Perkotaan**

Menurut Hasmar (2002), sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi atas 2 bagian, yaitu:

##### **1. Sistem Drainase Mayor**

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran atau 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. Sistem Drainase Minor**

Sistem drainase minor yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase minor adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar. Pada umumnya drainase minor direncanakan

untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan pemukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase minor.

### 2.1.5 Jaringan Drainase

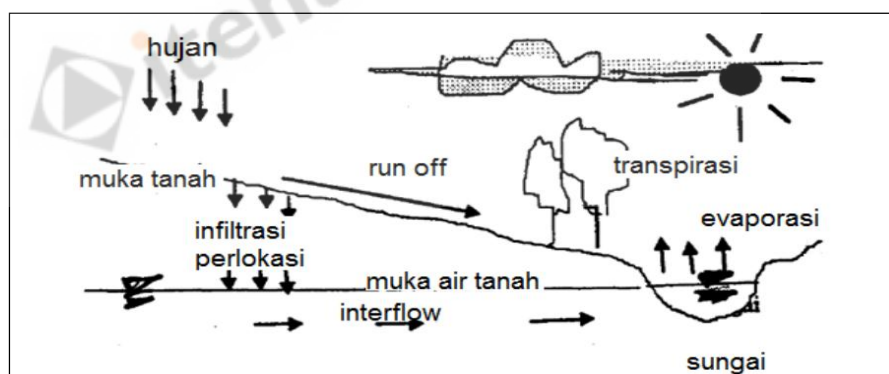
Drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut (Hasmar, 2012):

#### 1. Menurut sejarah terbentuknya

Drainase menurut sejarahnya terbentuk dalam berbagai cara, berikut ini cara terbentuknya drainase :

##### a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Yaitu 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.

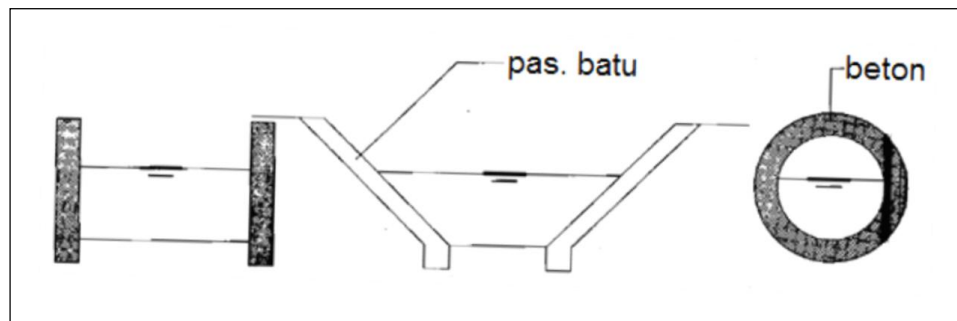


Gambar 2.1 Drainase Alamiah Pada Saluran Air

Sumber : Hasmar, 2012

##### b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan dibuat dengan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu / beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya. Gambar drainase buatan dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Drainase Buatan

Sumber : Hasmar, 2012

## 2. Menurut letak saluran

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

### a. Drainase permukaan tanah (*surface drainage*)

Yaitu saluran yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan analisis *open chanel flow*.

### b. Drainase bawah permukaan tanah (*sub surface drainage*)

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

## 3. Menurut fungsi drainase

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

### a. *Single Purpose*

*Single Purpose* yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain.

### b. *Multi Purpose*

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

#### 4. Menurut konstruksi

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

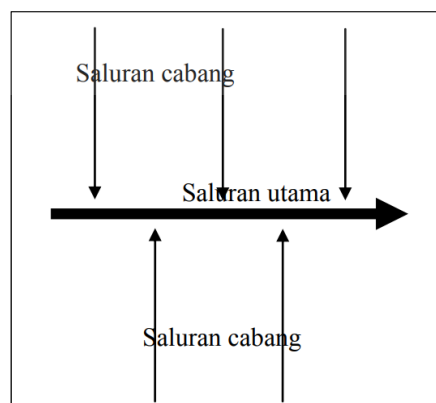
- a. Saluran terbuka, yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini lebih sesuai untuk drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun drainase non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan.
- b. Saluran tertutup, yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

#### 2.1.6 Pola Jaringan Drainase

Jaringan drainase memiliki beberapa pola, yaitu (Hasmar, 2012):

##### 1. Siku

Pembuatannya pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota. Pola jaringan drainase siku dapat dilihat pada Gambar 2.3



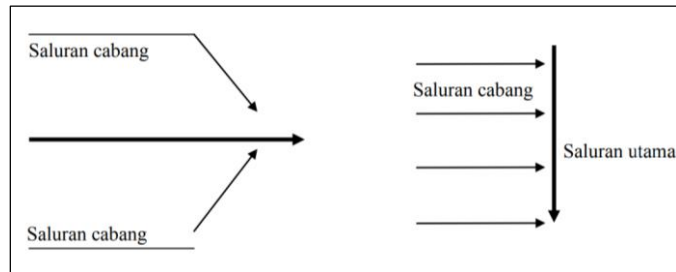
Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase Siku

Sumber : Hasmar, 2012

##### 2. Pararel

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

perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri. Pola jaringan drainase paralel dapat dilihat pada Gambar 2.4

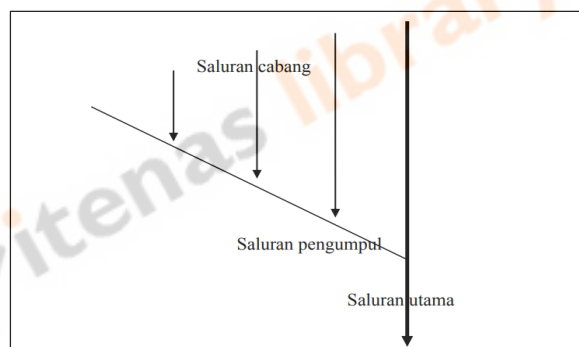


Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Paralel

Sumber : Hasmar, 2012

### 3. *Grid Iron*

Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul. Pola jaringan drainase *grid iron* dapat dilihat pada Gambar 2.5

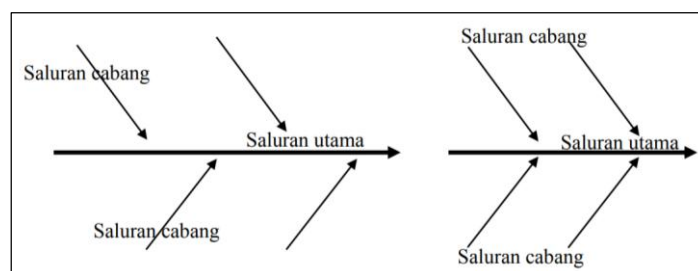


Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase *Grid Iron*

Sumber : Hasmar, 2012

### 4. Alamiah

Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar. Pola jaringan drainase alamiah dapat dilihat pada Gambar 2.6



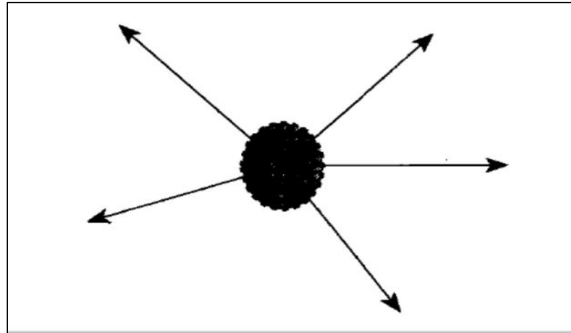
Gambar 2.6 Pola Jaringan Drainase Alamiah

Sumber : Hasmar, 2012



## 5. Radial

Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah. Pola jaringan drainase radial dapat dilihat pada Gambar 2.7

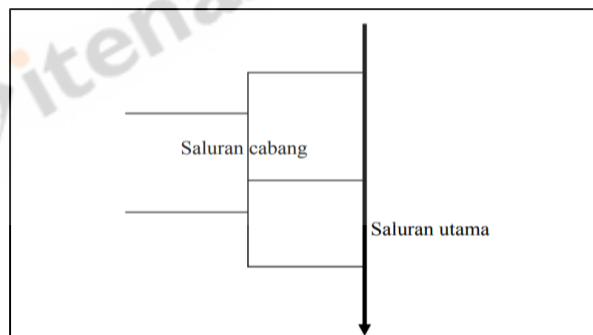


Gambar 2.7 Pola Jaringan Drainase Radial

Sumber : Hasmar, 2012

## 6. Jaring-jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar. Pola jaringan drainase jaring-jaring dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Pola Jaringan-Jaring-Jaring

Sumber : Wesli, 2012

### 2.1.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Sistem Drainase

Menurut Hasmar (2002), Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi system drainase, diantaranya:

#### 1. Daerah Perencanaan

Merupakan luas daerah (wilayah) yang direncanakan dan diperhitungkan untuk perancangan sistem drainase baik secara makro maupun mikro. Penentuan debit pengaliran pada daerah perencanaan dipermudah dengan membuat blok-

blok daerah pelayanan sehingga penentuan dimensi seluruhnya dapat diketahui perhitungannya. Dalam penentuan blok pelayanan ini harus memperhatikan keadaan tinggi tanah, jalan-jalan yang ada, ruang yang tersedia, besarnya aliran alaminya, besar kontribusi daerah serta keseragaman dimensi saluran.

## 2. Prinsip Pengaliran

Sistem pengaliran air hujan (drainase) yang direncanakan harus memberikan suatu hasil yang memuaskan atau sesuai dengan yang diharapkan, maka ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan sistem penyaluran air hujan tersebut. Adapun faktor-faktor yang diperhatikan sebagai berikut :

- Limpasan air hujan pada awal saluran hendaknya ditahan/disumbat agar kesempatan untuk terjadinya infiltrasi supaya maksimal, sehingga debit limpasan ke hilir saluran dan dimensi saluran berkurang. Selain itu juga berfungsi untuk konservasi air tanah.
- Terjadinya penggerusan pada konstruksi saluran air hujan maka kecepatan aliran di saluran tidak boleh terlalu tinggi, serta tidak boleh terlalu rendah agar tidak terjadi pengendapan. Untuk kemiringan saluran pada daerah yang kondisi permukaan tanahnya terjal maka dasar saluran air hujan didasarkan atas kecepatan maksimum yang diijinkan, sedangkan untuk yang kemiringannya kecil diusahakan untuk mengikuti permukaan tanah. Daerah yang tanahnya relatif datar berdasarkan atas kecepatan minimum yang diijinkan untuk terjadinya swa-bersih (*self cleansing*).
- Pada daerah tertentu dilengkapi oleh perlengkapan saluran air hujan, untuk jenisnya disesuaikan dengan kebutuhan yang meliputi *street inlet*, gorong-gorong, *transition*, terjunan, dll.
- Untuk menghindari terjadinya luapan (*over load*) pada saluran, air yang masuk ke saluran air hujan harus secepatnya mencapai badan air penerima.
- Membagi saluran menjadi beberapa kelas seperti :
  - a. Saluran Tersier Luas DAS  $\leq 5$  ha, termasuk saluran tepi jalan.
  - b. Saluran Sekunder Luas DAS 5-100 ha, termasuk saluran irigasi dan sungai kecil.

- c. Saluran Primer Luas DAS  $> 100$  ha, untuk sungai yang besar dan merupakan badan air penerima.

### 3. Konservasi Air

Langkah mengurangi besarnya limpasan dan aliran permukaan yang dapat menyebabkan erosi maupun banjir di bagian hilir, diusahakan limpasan air hujan sebesar mungkin dihambat dan diresapkan sebagai sumber daya air tanah. Air hujan yang jatuh diberikan waktu yang cukup untuk meresap ke dalam tanah sebagai imbuhan air tanah. Hal tersebut dapat mengurangi akumulasi air hujan di daerah hilir saluran air hujan. Beberapa usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi limpasan air hujan:

- a. Lahan yang kemiringannya curam dan sedang, arah kemiringan bangunan/rumah dalam lahan dibuat berlawanan dengan arah kemiringan aslinya. Baik saluran koreksi persil maupun saluran *service* sedapat mungkin bagian dasarnya tidak diperkeras agar masih ada kemungkinan merembesnya air ke dalam tanah. Untuk mencegah terjadinya erosi sebaiknya dibuat saluran bertangga (*carsade*). Bangunan yang biasanya menampung air cucuran atap tidak usah dibuat kedap air. Dalam upaya memperbesar infiltrasi dan perkolasi, pada lahan yang kemiringannya  $> 7\%$  penggunaan lahan terbangun diperkecil konsentrasinya terhadap luas tanah total. Tanah kosong ini akan memberikan kesempatan air hujan untuk meresap.
- b. Lahan dengan kemiringan  $< 2\%$  sebaiknya semua air hujan dalam setiap alur-alur saluran, tetapi merupakan limpahan-limpahan air dipermukaan air tanah. Jika air limpahan atap dikumpulkan dalam talang sebaiknya outletnya jangan disatukan. Dalam upaya memperbesar infiltrasi dan perkolasi, pada lahan yang kemiringannya sedang ( $2-7\%$ ) penggunaan lahan terbangun antara  $40-50\%$  dari total luas lahan, sehingga paling sedikit setengah lahan masih berupa ruang terbuka. Untuk lahan yang kemiringannya  $< 2\%$  penggunaan lahan terbangun dapat diperbesar persentasinya.

Sistem peresapan buatan seperti sumur, bidang dan parit rembesan adalah salah satu alternatif yang dapat diusulkan untuk menangani masalah seperti bencana banjir yang banyak melanda daerah perkotaan dewasa ini serta masalah krisis air tanah yang terjadi pada waktu musim kemarau. Pembuatan sistem rembesan buatan dapat dipengaruhi beberapa hal, diantaranya :

- Kemiringan tanah
- Higrologi
- Hidrogeologi
- Luas bidang tanah
- Koefisien infiltrasi
- Jenis tanah,dll

Keuntungan dengan adanya resapan buatan tersebut diantaranya :

- Dimensi saluran dapat diperkecil, karena volume air sudah meresap sebagian sebelum masuk ke saluran drainase.
- Aman dari genangan air
- Dapat memperkecil puncak hidrograf banjir karena sistem ini menghambat air masuk ke sungai
- Mempertahankan tinggi muka air tanah yang semakin menurun.

#### 4. Parameter Dasar Sistem Perencanaan

Menentukan arah jalur air hujan yang direncanakan terdapat batasan-batasan yang harus diperhatikan diantaranya yaitu :

- Arah pengaliran dalam saluran sebaiknya mengikuti garis ketinggian, sehingga air yang dapat mengalir secara gravitasi, dengan demikian dapat menghindari pemompaan.
- Pemanfaatan sungai atau anak sungai sebagai badan air penerima dari *outfall* yang direncanakan.
- Menghindari banyaknya perlintasan saluran pada jalan, sehingga menghindari penggunaan gorong-gorong.

Berdasarkan parameter di atas, nampak bahwa faktor pembatas yang mempengaruhi adalah kondisi topografi setempat. Kondisi di atas, dikembangkan sistem dalam berbagai bentuk alternatif, dengan tidak melupakan segi teknis dan ekonomisnya.

### **2.1.8 Standar Perencanaan**

Menurut Hasmar (2002), Standar dan sistem penyediaan drainase kota sistem penyediaan jaringan drainase terdiri dari empat macam, diantaranya :

1. Sistem drainase utama merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat kota.
2. Sistem drainase lokal merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian kecil warga masyarakat kota.
3. Sistem drainase terpisah merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan terpisah untuk air permukaan atau air limpasan.
4. Sistem gabungan merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan yang sama, baik untuk air genangan atau air limpasan yang telah diolah.

### **2.2 Kriteria Hidrologis**

Hidrologi merupakan suatu ilmu yang menjelaskan tentang keberadaan perpidahan air di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan perubahannya antara lain adalah keadaan zat cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah, didalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi. Analisis hidrologi tidak hanya diperlukan dalam perencanaan berbagai bangunan air seperti, bendungan, bangunan pengendali banjir, dan bangunan irigasi, tetapi juga diperlukan untuk bangunan jalan raya, lapangan terbang, dan bangunan lainnya (Soemarto,1987).

Penyelesaian persoalan drainase sangat erat hubungannya dengan aspek hidrologi terutama masalah hujan sebagai sumber air yang akan dialirkan pada sistem drainase dan limpasan sebagai akibat dari tidak memiliki sistem drainase mengalirkan ke tempat pembuangan akhir, maka diperlukan desain hidrologi diperlukan untuk mengetahui debit pengaliran (Suripin,2004).

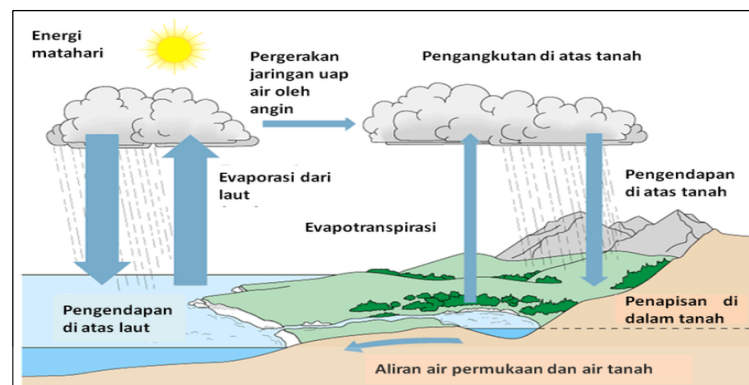
Satu bentuk presipitasi yang terpenting di Indonesia adalah hujan (*rainfall*). Air laut yang menguap karena adanya radiasi matahari, dan awan yang terjadi oleh uap air, bergerak di atas daratan akibat adanya gerakan angin. Presipitasi yang terjadi karena adanya tabrakan antara butir-butir uap air akibat desakan angin, dapat berbentuk hujan atau salju yang jatuh ke tanah yang berbentuk limpasan (*runoff*) yang mengalir kembali ke laut. Curah hujan yang jatuh di atas permukaan daerah aliran sungai, selalu mengikuti proses yang disebut dengan “siklus hidrologi” (Soemarto, 1995).

### **2.2.1 Siklus Hidrologi**

Hujan yang jatuh di atas permukaan tanah akan berubah dalam bentuk evapotranspirasi, limpasan permukaan (*surface run off*), infiltrasi, perkolasi, dan aliran air tanah. Untuk di tingkat DAS parameter-parameter ini akhirnya menjadi aliran sungai.

Perencanaan suatu bangunan air yang berfungsi untuk pengendalian penggunaan air antara lain yang mengatur aliran sungai, pembuatan waduk-waduk dan saluran-saluran yang sangat diperlukan untuk mengetahui perilaku siklus yang Saluran cabang Saluran utama disebut dengan siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah suatu rangkaian proses yang terjadi dengan air yang terdiri dari penguapan, presipitasi, infiltrasi dan pengaliran keluar (*out flow*). Siklus hidrologi diawali dengan proses oleh evaporasi/penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju atau hujan yaitu menjadi air dan turun sebagai presipitasi. Sebelum tiba di permukaan bumi presipitasi tersebut sebagian langsung menguap ke udara, sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan sebagian jatuh ke permukaan tanah. Pada muka tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air *run off* atau aliran permukaan dan sebagian (*infiltrasi*) meresap ke dalam lapisan tanah. Besarnya *run off* dan infiltrasi tergantung pada parameter tanah atau jenis tanah dengan pengujian tanah di laboratorium. Air *run off* mengalir di permukaan muka tanah kemudian ke permukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap ke dalam lapisan tanah akan menambah tinggi muka air tanah di dalam lapisan tanah, air yang masuk ke dalam tanah sebagian akan keluar lagi menuju sungai yang disebut dengan aliran

intra (*interflow*). Kemudian juga merembes di dalam tanah ke arah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai di laut, danau, sungai sebagai aliran bawah tanah (*groundwater flow*). Kemudian terjadi lagi proses penguapan. Proses penguapan dapat dilihat pada Gambar 2.9 (Hasmar, 2012)



Gambar 2. 9 Siklus Hidrologi

Sumber : Hasmar, 2012

### 2.2.2 Analisis Hidrologi

Secara garis besar analisis hidrologi adalah satu bagian permulaan analisis dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Definisi yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya. Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi. Sebelum informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan besaran hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisis untuk menetapkan berbagai sifat dan besaran hidroliknya. Demikian juga pada dasarnya bangunan-bangunan tersebut harus dirancang berdasarkan suatu standar perancangan yang benar sehingga diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan (Soemarto, 1995).

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam baik secara manual maupun otomatis, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Dalam analisis digunakan curah hujan rencana, hujan rencana yang

dimaksud adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan, kemudian intensitas ini digunakan untuk mengestimasi debit rencana. Untuk berbagai kepentingan perancangan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian, tetapi juga distribusi jam jaman atau menitan. Hal ini akan membawa konsekuen dalam pemilihan data, dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis. Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang (*return period*) yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan :

- Saluran Kwartir : periode ulang 1 tahun
- Saluran Tersier : periode ulang 2 tahun
- Saluran Sekunder : periode ulang 5 tahun
- Saluran Primer : periode ulang 10 tahun

Selanjutnya dalam kaitannya dengan analisis hujan, maka ada 5 besaran pokok yang perlu dikaji dan dipelajari yaitu (Soemarto,1995):

- a. Intensitas (I), adalah laju curah hujan yaitu tinggi air persatuan waktu, misalnya mm/menit, mm/jam, mm/hari.
- b. Lama waktu atau durasi (t), adalah lamanya curah hujan terjadi dalam menit atau jam.
- c. Tinggi hujan (d), adalah banyaknya atau jumlah hujan yang dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar, dalam mm.
- d. Frekuensi, adalah frekuensi kejadian terjadinya hujan, biasanya dinyatakan dengan waktu ulang (*return period*) (T), misalnya sekali dalam T tahun.
- e. Luas, adalah daerah tangkapan curah hujan (A), dalam km<sup>2</sup> (Wesli, 2008).

### **2.2.3 Analisis Data Curah Hujan**

Terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan untuk melakukan analisis data curah hujan diantaranya :

#### **2.2.3.1 Curah Hujan Wilayah**

Menurut Soemarto (1995), suatu area terdapat beberapa alat pencatat atau pengukur curah hujan, maka dapat dicari nilai rerata untuk mendapatkan nilai curah hujan di suatu area. Dapat dilakukan cara dalam menentukan tinggi curah hujan



rerata dalam suatu area tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos/stasiun penangkap hujan salah satunya dengan menggunakan metode polygon thiessen.

Metode ini memberikan nilai bobot pada tiap stasiun dengan memberi batasan berupa polygon. Poligon pembatas ini dibuat dengan menarik garis berat atas garis yang menghubungkan setiap stasiun. Digunakan jika titik-titik pengamatan di dalam daerah kajian tidak tersebar merata. Metode ini mengabaikan efek topografi dan satu poligon mewakili oleh satu stasiun penakar hujan.

Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Meskipun belum dapat memberikan bobot yang tepat sebagai sumbangan satu stasiun hujan untuk hujan daerah, metode ini telah memberikan bobot tertentu kepada masing-masing stasiun sebagai fungsi jarak stasiun hujan. Curah hujan rata-rata dihitung dengan mempertimbangkan pengaruh tiap-tiap stasiun pengamatan, yaitu dengan cara menggambar garis tegak lurus dan membagi dua sama panjang garis penghubung dari dua stasiun pengamatan curah hujan di dalam dan sekitar wilayah yang bersangkutan.

Metode poligon Thiessen ini akan memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aritmatik, akan tetapi penentuan stasiun pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil. Metode ini termasuk memadai untuk menentukan curah hujan suatu wilayah, tetapi hasil yang baik akan ditentukan oleh sejauh mana penempatan stasiun pengamatan hujan mampu mewakili daerah pengamatan. Metode ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5.000 km<sup>2</sup>.

Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah 3 stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Metode polygon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi polygon yang baru (Triatmodjo, 2008).

Pembentukan poligon Thiessen adalah sebagai berikut ini:

- a. Stasiun-stasiun hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS yang berdekatan.
- b. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus (garis terputus) sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
- c. Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga seperti ditunjukkan dengan garis penuh.
- d. Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.
- e. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- f. Jumlah dari hitungan pada butir *e* untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam bentuk matematik mempunyai bentuk berikut ini.

Cara ini selain memperhatikan tebal hujan dan jumlah stasiun, juga memperkirakan luas wilayah yang diwakili oleh masing-masing stasiun untuk digunakan sebagai salah satu faktor dalam menghitung hujan rata-rata daerah yang bersangkutan. Poligon dibuat dengan cara menghubungkan garis-garis berat diagonal terpendek dari para stasiun hujan yang ada. Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan objektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau Koefisien Thiessen. Pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya Koefisien Thiessen tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka Koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini, rumus yang digunakan :

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

Dimana :

A = luas areal

R = tinggi curah hujan di pos 1,2,3,...,n

R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>,R<sub>3</sub>,... R<sub>n</sub> = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...,n

A<sub>1</sub>,A<sub>2</sub>,A<sub>3</sub>,... A<sub>n</sub> = luas daerah di areal 1,2,3,...,n

### 2.2.3.2 Uji Konsistensi

Data curah hujan akan memiliki kecenderungan untuk menuju suatu gambaran tertentu yang biasa disebut dengan pola/trend hal tersebut berdasarkan pengamatan dan penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli. Data yang menunjukkan perbedaan dari pola atau trend yang ada disarankan untuk tidak digunakan. Analisis hidrologi harus mengikuti trend, dan jika terdapat perubahan harus dilakukan koreksi. Untuk melakukan pengecekan pola atau trend tersebut dilakukan dengan menggunakan teknik kurva massa ganda, yang menggunakan prinsip bahwa setiap pencatatan data yang berasal dari populasi yang sekandung akan memberikan pola yang konsisten sedangkan yang tidak sekandung akan tidak konsisten, dan akan menimbulkan penyimpangan pola/trend. Perubahan pola atau trend bisa disebabkan diantaranya oleh (Soewarno, 2000):

- Perpindahan lokasi stasiun pengukur hujan.
- Perubahan ekosistem terhadap iklim secara drastis, misalnya akibat kebakaran ataupun pembalakan liar.
- Kesalahan ekosistem observasi pada sekumpulan data akibat posisi atau cara pemasangan alat ukur yang tidak baik.
- Alat ukur yang diganti atau dipindahkan dari tempatnya.

Prinsip dasar metode kurva massa ganda adalah sebagai berikut; sejumlah stasiun tertentu dalam wilayah iklim yang sama diseleksi sebagai stasiun dasar (pembanding). Rata-rata aritmatik dari semua stasiun dasar dihitung untuk setiap metode yang sama. Rata-rata hujan tersebut diakumulasikan mulai dari periode awal pengamatan.

Kemudian diplotkan titik-titik akumulasi rerata stasiun utama dan stasiun dasar sebagai kurva massa ganda. Pada kurva massa ganda, titik-titik yang tergambar selalu berdeviasi sekitar garis rata-rata, dan hampir merupakan garis lurus. Kalau ada penyimpangan yang terlalu jauh dari garis lurus tersebut maka mulai dari titik ini selanjutnya pengamatan dari stasiun yang ditinjau akan tidak akurat dengan kata lain data hujan curah hujan telah mengalami perubahan trend.

Koreksi yang digunakan untuk data yang mengalami perubahan trend tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4) sampai dengan persamaan (2.5) :

$$H_z = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} \quad (2.4)$$

$$F_k = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \text{faktor koreksi} \quad (2.5)$$

Dimana :

$H_z$  = Curah hujan yang diperkirakan

$\tan \alpha$  = Slope sebelum perubahan

$\tan \alpha_0$  = Slope setelah perubahan

$H_0$  = Curah hujan hasil pengamatan

Uji konsistensi yaitu menguji kebenaran data. Data hujan disebut konsisten berarti data yang terukur dan dihitung adalah teliti dan benar serta sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi. Uji konsistensi dapat dilakukan dengan cara membandingkan data kumulatif rata-rata curah hujan pada stasiun yang diuji dengan data kumulatif rata-rata curah hujan pada stasiun-stasiun pembanding dalam periode yang sama.

### 2.2.3.3 Uji Homogenitas

Uji homogenitas bertujuan untuk melihat penyebaran data yang paling tepat dari data-data curah hujan yang tersedia. Uji homogenitas dilakukan agar data-data curah hujan yang disebabkan oleh hujan buatan tidak diikutsertakan dalam perhitungan analisis frekuensi, karena akan menimbulkan data curah hujan yang tidak homogen.

Menurut Hardjosuprpto (1998), kumpulan data curah hujan dikatakan homogen jika plotting titik pada kertas grafik uji homogenitas yaitu titik yang mempunyai koordinat H ( $N;T_R$ ) berada pada lengkungan bagian dalam grafik

homogenitas (Gambar 2.10). Apabila plotting koordinat  $H(N;T_R)$  pada kertas grafik homogenitas ternyata berada diluar, maka pemilihan array data diubah dengan memilih titik  $H(N;T_R)$  berada pada bagian dalam grafik homogenitas.

Harga  $T_R$  didapatkan melalui persamaan (2.6) :

$$T_R = \frac{R_{10}}{\bar{R}} = T_{\bar{R}} \quad (2.6)$$

Nila  $T_R$  sebagai ordinat. Sedangkan  $N$  adalah jumlah tahun data hujan sebagai absis.

Dimana :

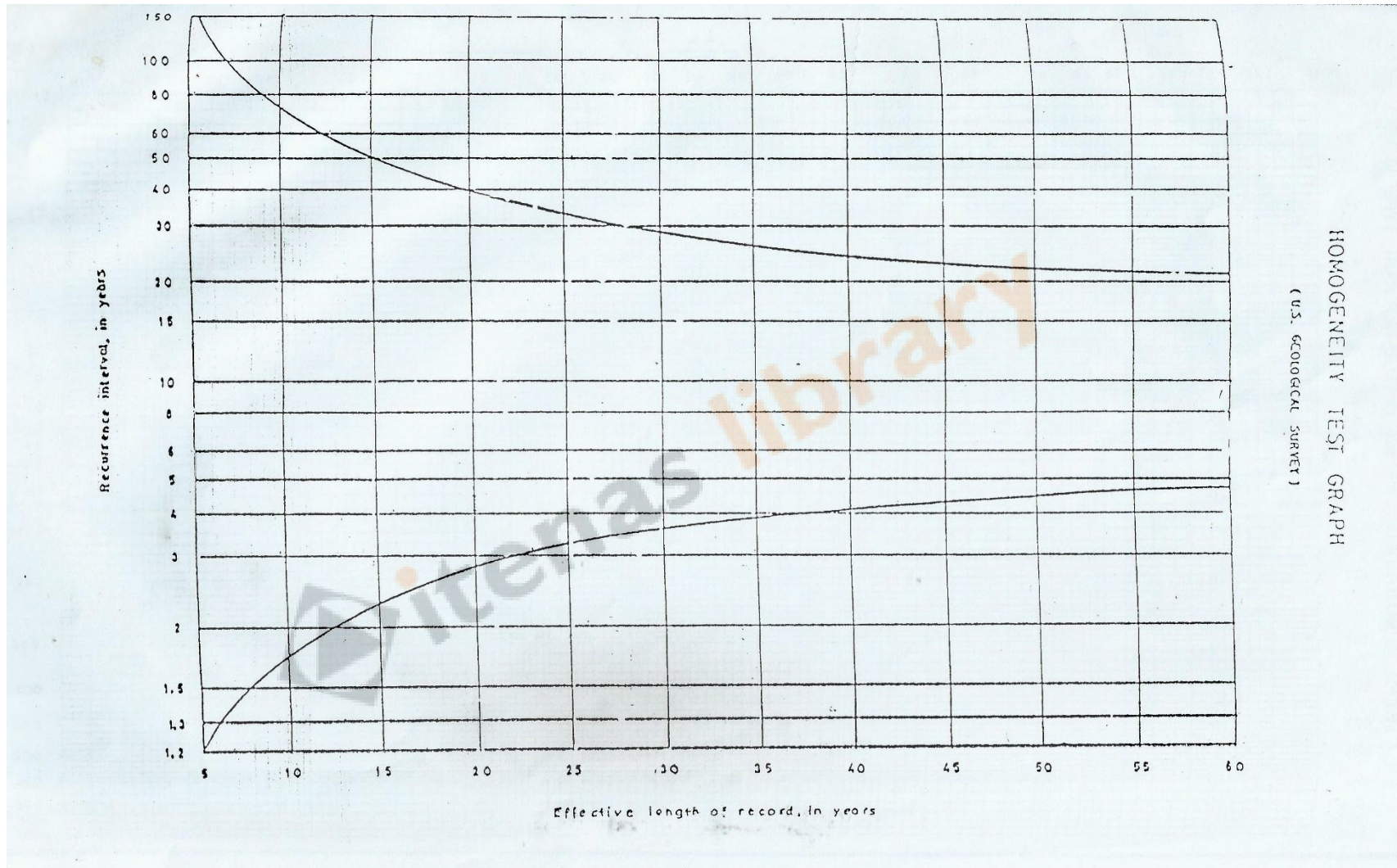
$T_R$  = PUH untuk curah hujan tahunan rerata (tahun)

$R_{25}$  = Presipitasi dengan PUH 25 tahun rencana (tahun)

$\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata (mm/hari)

$T_{R \text{ rerata}}$  = PUH untuk curah hujan tahunan rata-rata





Sumber: Hardjosuprpto, 1988

Mendapat nilai  $R_n$  dan  $T_R$  rerata perlu memakai persamaan regresi, diantaranya persamaan modifikasi gumbel yang diturunkan pada persamaan (2.7) sampai dengan persamaan (2.11) :

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma_R}{S_n} \quad (2.7)$$

$$\mu = R_i \text{ rerata} \left( \frac{1}{\alpha} x Y_n \right) \quad (2.8)$$

$$R_T = \mu + \frac{1}{\alpha} x Y \quad (2.9)$$

$$\sigma_R = \left( \frac{\sum_{n-1}^n (R_i - R_{\text{rerata}})^2}{n-1} \right)^{1/2} \quad (2.10)$$

$$Y_T = \left( \text{Ln} \frac{T_r}{T_r-1} \right) \quad (2.11)$$

Dimana :

$\sigma_R$  = Standar deviasi data hujan

$Y_n$  = *Reduced Mean* (Nilai  $Y_n$  dapat dilihat pada Tabel 2.1)

$S_n$  = *Reduced standard deviation* (Nilai  $S_n$  dapat dilihat pada Tabel 2.2)

$Y_T$  = *Reduced Variate*

Ketidakhomogenan data curah hujan dapat terjadi karena adanya sebagai berikut :

- Adanya hujan buatan yang bersifat insidental
- Gangguan-gangguan atmosfer oleh pencemaran udara
- Perubahan mendadak dari sistem lingkungan hidrolis
- Pемindahan alat ukur.

Tabel 2.1 Harga  $Y_n$  (*Reduced Mean*) untuk Beberapa Harga  $n$

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5034	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5268	0,5283	0,5309	0,532	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5271	0,538	0,5388	0,5396	0,5402	0,541	0,541	0,5424	0,5481
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5456	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5545
50	0,5436	0,5489	0,5493	0,5493	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5545

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Tabel 2.2 Harga  $S_n$  (*Reduced Standard Deviation*) untuk Beberapa Harga  $n$

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9833	0,9833	0,9971	1,0095	1,0208	1,0316	1,1411	1,0493	1,0565
20	1,0682	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0916	1,0961	1,1044	1,1044	1,1056
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,225	1,1286	1,1313	1,1339	1,1363	1,138
40	1,1413	1,1458	1,1458	1,148	1,149	1,1516	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

### 2.2.3.4 Analisis Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum

Menurut Suripin (2003), analisis frekuensi atau distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien *skewness* (kecondongan atau kemiringan) pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Parameter Statistik

Parameter	Sampel	Populasi
Rata-rata	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$	$\mu = E(X)$ $= \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$
Simpangan baku (standar deviasi)	$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{\frac{1}{2}}$
Koefisien variasi	$CV = \frac{s}{\bar{x}}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$
Koefisien skewness	$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	$\gamma = \frac{E[(x-\mu)^3]}{\sigma^3}$

Sumber : Suripin, 2004

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam baik secara manual maupun otomatis, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Berdasarkan ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini tiga jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi:

- Metode Distribusi Normal
- Metode Log Pearson III
- Metode Gumbel

Berikut ini tiga jenis metode frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi (Suripin, 2004):

#### A. Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga distribusi Gauss. Dalam pemakaian praktis umumnya digunakan persamaan (Suripin, 2004):

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad (2.12)$$



$$K_T = \frac{\bar{X} + K_T}{S} \quad (2.13)$$

Dimana :

$X_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

$\bar{X}$  = Nilai rata-rat hitung variat

S = Standar deviasi nilai variat

$K_T$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Nilai Variabel reduksi Gauss disajikan dalam Tabel 2.4

Tabel 2.4 Nilai variabel reduksi Gauss

No	PUH	Peluang	$K_T$
1	1,001	0,999	-3,050
2	1,005	0,995	-2,580
3	1,010	0,990	-2,330
4	1,050	0,950	-1,640
5	1,110	0,900	-1,280
6	1,250	0,800	-0,840
7	1,330	0,750	-0,670
8	1,430	0,700	-0,520
9	1,670	0,600	-0,250
10	2,000	0,500	0,000
11	2,500	0,400	0,250
12	3,330	0,300	0,520
13	4,000	0,250	0,670
14	5,000	0,200	0,840
15	10,000	0,100	1,280
16	20,000	0,050	1,640
17	50,000	0,020	2,050
18	100,000	0,010	2,330
19	200,000	0,005	2,580
20	500,000	0,002	2,880
21	1000,000	0,001	3,090

Sumber: Bonnier, 1980

### B. Metode *Log Pearson* Tipe III

Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonversi ke dalam bentuk logaritmik, terdapat kemungkinan adanya kedekatan antara data dan teori yang tidak cukup kuat. *Pearson* mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas empiris dengan tetap memakai fleksibilitas. Metode ini didasarkan pada perubahan data yang ada kedalam bentuk logaritma. Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut (Soemarto, 1987):

- Menyusun data hujan mulai dari harga yang terbesar sampai yang terkecil.
- Merubah jumlah  $n$  data hujan kedalam besaran logaritma, sehingga menjadi  $\log R_1, \log R_2 \dots \log R_n$ . Lalu dinyatakan  $R_i = \log R$
- Menghitung besarnya harga rata-rata besaran logaritma, pada persamaan (2.14) :

$$R_r = \frac{\sum R_i}{n} \quad (2.14)$$

Keterangan :

$R_r$  = Rata-rata besaran logaritma

$R$  = Rata-rata data curah hujan (mm)

$R_i$  = Log (R)

$n$  = Jumlah data

- Menghitung besarnya harga deviasi rata-rata dari besaran logaritma tersebut, pada persamaan (2.15) :

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R_r)^2}{n-1}} \quad (2.15)$$

- Menghitung *Skew Coefficient* (koefisien asimetri) dari besaran logaritma tersebut, pada persamaan (2.16) :

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (R_i - R_r)^3}{(n-1)(n-2)(\sigma_R)^3} \quad (2.16)$$

Keterangan :

$\sigma_R$  = Standar deviasi

$R_r$  = Data curah hujan (mm)

$R_i$  = Rata-rata data curah hujan (mm)

$n$  = Jumlah data

Berdasarkan harga Cs (skew koefisien) yang diperoleh dan harga periode ulang (T) yang ditentukan, hitung nilai Kx (variabel standar x) dengan menggunakan tabel karakteristik nilai Kx distribusi *Log Pearson Type III* pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai K untuk Distribusi *Log Pearson Type III*

Koefisien Skew (Cs)	Periode Ulang Hujan (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Probabilitas					
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01
2,0	-0,307	0,069	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,700	3,271
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,5	-0,083	0,806	1,323	1,910	2,311	2,686
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
-0,1	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,843	2,029
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-0,9	0,143	0,854	1,147	1,407	1,594	1,660
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,116	1,197
-1,8	0,232	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990

Sumber: Soemarto, 1987

- Menghitung besarnya harga logaritma masing-masing data curah hujan untuk suatu Periode Ulang Hujan (PUH) tertentu, pada persamaan (2.17) :

$$X_t = X_r + K_x \cdot \sigma_R \quad (2.17)$$

- Jadi perkiraan harga HHM untuk periode ulang T (tahun) adalah :
- $R_t = \text{antilog } X$  atau  $R_t = 10^{X_t}$  (mm/24 jam)

Nilai Kx yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung curah hujan harian maksimum rencana metode *Log Pearson Type III*,

### C. Metode *Gumbel*

Metode *gumbel* yaitu metode yang didasarkan pada distribusi harga ekstrim atau distribusi normal yang banyak digunakan di Indonesia. Dengan garis energi secara grafis, maka hujan maksimum rencana dapat diperoleh. Tetapi, dengan cara tersebut memungkinkan adanya kesalahan yang besar, maka diperlukan secara matematis dengan menggunakan persamaan *gumbel* pada persamaan (2.18) (Hardjosuprpto, 1998):

$$R_t = R_k + \left( \frac{\sigma_R}{S_n} \right) x (Y_t - Y_n) \quad (2.18)$$

Dimana :

$R_T$  = Hujan harian maksimum dengan rencana PUH t tahun

$R_k$  = Rentang keyakinan (mm/hari)

$\sigma_R$  = Standar deviasi data curah hujan

$S_n$  = *Reduced* standar deviasi

$Y_t$  = *Reduced variated* untuk PUH t tahun (Suripin, 2004)

$Y_n$  = *Reduced mean*

Sebelum menghitung curah hujan harian maksimum dengan berbagai PUH, perlu dicari rentang keyakinan, bahwa harga-harga perkiraan tersebut memiliki rentang harga pada persamaan (2.19) (Hardjosuprpto, 1998).

$$R_k = \pm t(a) \cdot Se \quad (2.19)$$

Dimana :

$R_k$  = Rentang keyakinan (mm/hari)

$a$  = *Confidence probability*

$Se$  = *Probability error* (deviasi)

$t(a)$  = Fungsi  $a$ , Untuk :  $a = 90\%$ ,  $t(a) = 1,640$

$a = 80\%$ ,  $t(a) = 1,282$

$a = 70\%$ ,  $t(a) = 1,000$

Perhitungan harga  $Se$  (*probability error*) terdapat pada persamaan (2.20) sampai dengan persamaan (2.22):

$$Se = b \times \frac{\sigma_R}{\sqrt{n}} \quad (2.20)$$

$$\text{Harga K} = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (2.21)$$

$$\text{Harga b} = \sqrt{1 + 1,3 \times (-K) + 1,1 (-K)^2} \quad (2.22)$$

Keterangan:

$\sigma_R$  = Standar deviasi

n = Jumlah data

b = Koefisien *probability*

$Y_t$  = *Reduce variated* untuk PUH t tahun (Suripin, 2004)

$S_n$  = *Reduced standard deviation* berdasarkan sampel n (Pada Tabel 2.6)

$Y_n$  = *Reduce mean* berdasarkan sampel n (Pada Tabel 2.7)

Tabel 2.6 *Reduced* Standar Deviasi ( $S_n$ )

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0093	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0916	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2096	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber : Suripin, 2004

Tabel 2.7 *Reduced* Standar Deviasi ( $Y_n$ )

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
25	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
30	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
40	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
50	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
60	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
70	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,0558	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
80	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
90	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611
100	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220

Sumber : Suripin, 2004

### 2.2.3.5 Daerah Tangkap Hujan (*Catchment Area*)

*Catchment area* adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama. Menentukan daerah tangkapan hujan tergantung kepada kondisi lapangan suatu daerah dan situasi topografinya/elevasi permukaan tanah suatu wilayah disekitar saluran yang bersangkutan yang merupakan daerah tangkapan hujan dan mengalirkan air hujan kesaluran drainase. Menentukan daerah tangkapan hujan (*Cathment area*) sekitar drainase dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau (Suripin, 2004).

### 2.2.3.6 Periode Ulang Hujan (PUH)

PUH dalam desain dihitung dengan menggunakan rumus (Hardjosuprpto, 1998) :

$$N = T \left( \frac{1}{\mu} - \frac{1}{2} \right) \quad (2.23)$$

Keterangan :

- N = PUH setiap T tahun (tahun)  
 T = Periode waktu hujan rencana (tahun)  
 $\mu$  = Faktor resiko, biasanya bernilai 1/3

PUH desain sistem saluran dan bangunan-bangunan drainase kota untuk berbagai tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Desain Periode Ulang Hujan

No	Tata Guna Lahan/Kegunaan	T (tahun)
1	Saluran awalan pada daerah :	
	- Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, lahan tak terbangun	2
	- Perdagangan, perkantoran, dan industri	5
2	Saluran minor	
	- DPS $\leq$ 5 Ha (saluran tersier)	
	- Resiko kecil	2
	- Resiko besar	5
	- DPS 5-25 Ha (saluran sekunder)	
	- Tanpa Resiko	2
	- Resiko kecil	5
	- Resiko Besar	10

No	Tata Guna Lahan/Kegunaan	T (tahun)
-	DPS 25-50 Ha (saluran primer)	
-	- Tanpa resiko	5
-	- Resiko kecil	10
-	- Resiko besar	25
3	Saluran mayor	
-	DPS 50-100 Ha	
-	- Tanpa resiko	5
-	- Resiko kecil	10
-	- Resiko besar	25
-	DPS $\geq$ 100 Ha	
-	- Tanpa resiko	10
-	- Resiko sedang	25
-	- Resiko besar	50
-	- Pengendalian banjir mayor/kiriman	100
4	Gorong-gorong/jembatan	
-	Jalan biasa	5-10
-	Jalan <i>bypass</i>	10-25
-	Jalan bebas hambatan	25-50
5	Saluran tepi jalan	
-	Jalan lingkungan	2-5
-	Jalan kota	5-10
-	Jalan <i>bypass</i>	10-25
-	Jalan bebas hambatan	25-50

Sumber : Hardjosuprpto, 1998

### 2.2.3.7 Perhitungan Debit Banjir

Memperkirakan debit puncak limpasan menggunakan rumus persamaan modifikasi rasional. Pemilihan ini didasarkan pada kemudahan dan kesederhanaan dalam mencari parameter-parameternya. Persamaan tersebut dapat dilihat padampersamaan (2.24) (Hardjosuprpto, 1998):

$$Q = F \cdot C_s \cdot C \cdot A \cdot I = F \cdot C_s (\sum C_i \cdot A_i) I \quad (2.24)$$

Dimana :

Q = Debit puncak (L/detik atau m<sup>3</sup>/detik)

F = Faktor konversi, F = 1/360 (m<sup>3</sup>/detik)

C<sub>s</sub> = Koefisien storasi

C = Koefisien limpasan

A = Luas DPS (Ha)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

i = setiap tata guna lahan

### 2.2.3.8 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi memiliki notasi  $t_c$ , dengan satuan menit, merupakan waktu yang diharuskan untuk air hujan dari daerah yang terjauh dalam DPS untuk mengalir masuk menuju suatu titik atau profil melintang saluran tertentu yang ditinjau. Jika nilainya lebih kecil dari waktu durasi hujan atau  $t_e$ , maka dalam perhitungan intensitas hujannya dianggap sama dengan waktu durasi hujannya, yaitu  $t_c = t_e$ . Sehingga  $I_c = I_e$ . Untuk nilai  $t_e$  dapat dicari menggunakan persamaan (2.25) (Hardjosuprpto, 1998):

$$t_e = \frac{R^{1.92}}{1,11 R} \quad (2.25)$$

Dimana :

$t_e$  = Waktu durasi hujan (menit)

$R$  = Tinggi hujan harian maksimum (mm/hari)

Menurut Hardjosuprpto (1998), pada drainase perkotaan harga  $t_c$  dalam merupakan penjumlahan dari waktu rayapan di permukaan tanah ( $t_o$ ) dan waktu mengalir di saluran ( $t_d$ ). Waktu rayapan di permukaan tanah merupakan waktu yang diperlukan untuk titik air terjauh dalam DPS mengalir pada permukaan tanah menuju ke alur saluran awal terdekat. Mencari  $t_o$  menggunakan persamaan (2.26) :

$$t_o = \frac{6,33 (n.L_o)^{0,6}}{(C_o.I_e)^{0,4}(S_o)^{0,3}} \quad (2.26)$$

Dimana :

$t_o$  = Waktu merayap di permukaan tanah (menit)

$n$  = Koefisien kekasaran manning

$L_o$  = Panjang rayapan (m), syarat :  $L < 300$  m

$C_o$  = Koefisien limpasan permukaan tempat air merayap

$I_e$  = Intensitas hujan (mm/jam), dimana :  $t_c = t_e$

$S_o$  = Kemiringan rayapan tanah (m/m)

Bila panjang rayapan,  $L > 300$  m, maka untuk mencari nilai  $t_o$  menggunakan rumus (Hardjosuprpto, 1998) :

$$t_o = \frac{108.n.L_o^{1/3}}{S^{1/5}} \quad (2.27)$$

Dimana :

$t_o$  = Waktu merayap di permukaan tanah (menit)



- $n$  = Koefisien kekasaran manning  
 $L_o$  = Panjang limpasan (m)  
 $S$  = Kemiringan medan limpasan (m/m)

$T_d$  atau waktu mengalir di saluran atau yang memiliki satuan menit, ialah waktu yang diperlukan untuk air mengalir dari saluran permulaan menuju ke suatu profil melintang saluran tertentu yang ditinjau. Mencari nilai  $t_d$  menggunakan persamaan (2.28) (Hardjosuprpto, 1998):

$$t_d = \frac{L_{da}}{60 V_d} \quad (2.28)$$

Dimana :

- $t_d$  = Waktu mengalir dalam saluran (menit)  
 $L_{da}$  = Panjang saluran aktual yang ditinjau (m)  
 $V_d$  = Kecepatan rata-rata dalam saluran (m/detik)

Sehingga untuk perhitungan  $t_c$ , dapat dilihat pada persamaan (2.29) :

$$t_c = t_o + t_d \quad (2.29)$$

Besarnya harga kekasaran manning yang digunakan tersaji dalam Tabel 2.9 dan Tabel 2.10.

Tabel 2.9 Harga Kekasaran Manning

Jenis Permukaan	n
Lapisan semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,100
Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
Padang rumput dan rerumputan	0,400
Hutan gundul	0,600
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800
Lapisan semen dan aspal beton	0,013

Sumber : Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan, 2006

Tabel 2.10 Koefisien Manning

Bahan	nd
Besi tulang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber : PermenPU No.12 Tahun 2014

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Waktu konsentrasi dibagi atas 2 bagian :

- a. *Inlet time* ( $t_0$ ) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
- b. *Conduit time* ( $t_d$ ) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir (Suripin, 2004).

### 2.2.3.9 Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan merupakan suatu nilai yang menunjukkan kemampuan air melimpas berdasarkan bahan penutup tanah yang terdapat pada suatu wilayah. Perbedaannya berdasarkan bahan penutup tanah yang terdapat pada suatu wilayah. Penutup tanah yang sulit menyerap air akan menyebabkan limpasan yang besar begitupun sebaliknya. Memperoleh nilai koefisien limpasan memiliki notasi C, dengan cara perbandingan hasil antara jumlah yang jatuh dengan yang mengalir sebagai limpasan dalam permukaan tanah tertentu. Untuk daerah yang memiliki koefisien yang bermacam-macam maka akan diambil rata-rata dari koefisien dikalikan luas wilayahnya sehingga dalam pemodelan hanya dipakai satu angka yang mewakili. Berikut tabel beberapa nilai-nilai koefisien limpasan dalam Tabel 2.11 dan Tabel 2.12.

Tabel 2.11 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional

Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien limpasan, C
Business	
Perkotaan	0,70-0,95
Pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	
Rumah tunggal	0,30-0,50
Multiunit, terpisah	0,40-0,60
Multiunit, tergabung	0,60-0,75
Perkampungan	0,25-0,40
Apartemen	0,50-0,70
Industri	
Ringan	0,50-0,80
Berat	0,60-0,90
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,70-0,65
Batu bata, paving	0,50-0,70
Atap	0,75-0,95

Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien limpasan, C
Halaman, tanah berpasir	
Datar 2%	0,05-0,10
Rata-rata, 2-7%	0,10-0,15
Curam, 7%	0,15-0,20
Halaman, tanah berat	
Datar 2%	0,13-0,17
Rata-rata, 2-7%	0,18-0,22
Curam, 7%	0,25-0,35
Halaman Kereta Api	0,10-0,35
Taman tempat bermain	0,20-0,35
Taman, perkuburan	0,10-0,25
Hutan	
Datar, 0-5%	0,10-0,40
Bergelombang, 5-10%	0,25-0,50
Berbukit, 10-30%	0,30 -0,60

Sumber : Suripin ,2004

Tabel 2.12 Harga Koefisien Pengaliran Untuk Berbagai Penggunaan Tanah

No	Untuk Daerah/Permukaan	C
1	Perdagangan	
	- Pusat kota terbangun penuh pertokoan	0,70-0,95
	- Sekeliling pusat kota	0,50-0,70
2	Pemukiman	
	- Keluarga tunggal	0,30-0,50
	- Keluarga ganda (tidak kopel)/aneka ragam	0,40-0,60
	- Keluarga ganda (kopel)/aneka ragam	0,60-0,75
	- Pinggiran kota	0,25-0,40
	- Apartemen	0,50-0,70
3	Industri	
	- Ringan	0,50-0,78
	- Berat	0,60-0,90
4	Taman, kuburan, hutan lindung	0,10-0,30
5	Lapangan Bermain	0,20-0,35
6	Pekarangan rel kereta api	0,20-0,40
7	Daerah tak terbangun	0,10-0,30
8	Jalan	
	- Aspal	0,70-0,95
	- Beton	0,80-0,95
	- Bata	0,70-0,85
9	Halaman parkir dan pejalan kaki/trotoar	0,75-0,85
10	Atap	0,75-0,95
11	Pekarangan dengan tanah pasir	
	- Dasar 2%	0,05-0,10
	- Reratan (2-7)%	0,10-0,15
	- Terjal 7%	0,15-0,20

No	Untuk Daerah/Permukaan	C
12	Pekarangan dengan tanah keras	
	- Dasar 2%	0.13-0.17
	- Reratan (2-7)%	0.18-0.22
	- Terjal 7%	0.25-0.35
13	Tanah gundul	0.70-0.80
14	Lahan galian pasir	0.05-0.15

Sumber: Hardjosuprpto, 1998

Menurut Hardjosuprpto (1998), untuk daerah yang memiliki tata guna lahan yang berbeda-beda, besarnya koefisien limpasan ditetapkan dengan mengambil rata-rata dengan menggunakan persamaan (2.30):

$$C_r = \frac{\sum C_i - A_i}{\sum A_i} \quad (2.30)$$

Dimana :

$C_r$  = Harga rata-rata limpasan

$C_i$  = Koefisien limpasan pada tiap-tiap daerah

$A_i$  = Luas pada masing-masing daerah (Ha)

Persamaan pendekatan untuk mencari harga koefisien pengaliran pada daerah perumahan dengan kerapatan bangunan z rumah/ha adalah sebagai berikut:

$$C = (0.3 \text{ sampai } 0.4) + 0.015z$$

Tabel 2.13 Harga Kofisien Pengaliran Untuk Berbagai Penggunaan Tanah

No	Untuk Daerah/Permukaan	C
1	Urban	
	- Pusat perdagangan	0.90-0.95
	- Industri	0.80-0.90
2	Pemukiman	
	- Kepadatan rendah (20 rumah/ha)	0.25-0.40
	- Kepadatan menengah (20-60 rumah/ha)	0.40-0.70
	- Kepadatan tinggi (60-100 rumah/ha)	0.70-0.80
3	Taman dan daerah rekreasi	0.20-0.30
4	Rural	
	- Kemiringan curam (>20%)	0.50-0.60
	- Kemiringan gelombang (<20%)	0.40-0.50
	- Kemiringan bertingkat	0.25-0.35
	- Pertanian padi	0.45-0.55

Sumber : Liewelyn – Davies Kinhill, 1978

### 2.2.3.10 Intesitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe. Pengacuan intensitas hujan di Indonesia berdasarkan pada pola grafik *Intensity Duration Frequency* (IDF) dari Van Breen yang didekati pada persamaan (2.31) (Hardjosuprpto, 1998):

$$I_T = \frac{54 R_T + 0,007 R_T^2}{t_c + 0,3 R_T} \quad (2.31)$$

Dimana :

$I_T$  = Intensitas hujan PUH T tahun, dengan  $t_c > t_e$  (mm/hari)

$R_T$  = Tinggi hujan PUH T tahun (mm/jam)

Jika  $t_c < t_e$ , maka  $t_c$  diganti dengan  $t_e$ .

## 2.3 Kriteria Hidrolis

Banyaknya debit air hujan yang ada dalam suatu kawasan harus segera dialirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkannya diperlukan saluran yang dapat menampung dan mengalirkan air tersebut ke tempat penampungan. Sehingga penentuan kapasitas tampung harus berdasarkan atas besarnya debit air hujan.

### 2.3.1 Luas Daerah Pengaliran

Suatu daerah dengan tata guna lahan yang berbeda-beda, besarnya koefisien pengaliran ditetapkan dengan mengambil rata-rata berdasarkan bobot luas, yaitu pada persamaan (2.32) :

$$C_r = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{A_i} \quad (2.32)$$

Dimana:

$C_r$  = Harga rata-rata angka pengaliran

$C_i$  = Koefisien pengaliran pada tiap-tiap daerah

$A_i$  = luas pada masing-masing daerah (ha)

Harga C berubah untuk setiap perubahan PUH. Perubahannya dapat didekati dengan persamaan:

Untuk daerah normal:

$$C_{T2} = 1 - (1 - C_{T1}) \sqrt{\frac{I_{T1}}{I_{T2}}} \quad (2.33)$$

Untuk daerah pasang surut (becek) :

$$C_{T2} = 1 - (1 - C_{T1}) \left(\frac{I_{T1}}{I_{T2}}\right) \quad (2.34)$$

Dimana:

$C_{T1}, C_{T2}$  = Harga C pada PUH T1 dan T2 berturut

$I_{T1}, I_{T2}$  = Harga 1 pada PUH T1 dan T2 berturut

Perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran, dan lain-lain. Berikut merupakan kala ulang yang dipakai berdasarkan luas daerah pengaliran saluran dan jenis kota yang akan direncanakan sistem drainasenya pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam suatu daerah pengaliran adalah (Hardjosuprpto, 1998) :

- Tata guna lahan eksisting dan pengembangannya di masa mendatang
- Karakteristik tanah dan bangunan di atasnya
- Kemiringan tanah dan bentuk daerah pengaliran

### 2.3.2 Pengaruh DPS Parsial

Modifikasi metode rasional ini berdasarkan asumsi bahwa hasil debit puncak dari suatu hujan dengan durasi dimana seluruh DPS di atas titik profil saluran yang ditinjau telah memberikan kontribusi. Semakin jauh saluran, DPS akan makin bertambah, waktu konsentrasi akan bertambah sehingga intensitas hujannya menurun (jika  $t_c > t_e$ ) (Hardjosuprpto, 1998).

Pengaruh itu semua dapat mengakibatkan perbedaan pada debit puncak yang dihitung dengan asumsi bahwa seluruh DPS sudah memberikan kontribusi. Keadaan ini disebut pengaruh DPS parsial dan harus dicek pada tempat-tempat sebagai berikut :

- Pertemuan dua saluran
- Keluaran dari DPS yang besar dengan waktu konsentrasi pendek
- Keluaran dari DPS yang kecil dengan waktu konsentrasi panjang

Penentuan debit puncak yang diakibatkan dari pengaruh DPS parsial ini, dipakai pedoman sebagai berikut :

1. Bila kedua  $t_c$  saluran  $< t_e$ , maka debit puncak saluran sama dengan jumlah debit dari kedua saluran
2. Bila tidak, harus dihitung dua kali dimana seluruh ruas dengan  $t_c$  terkecil dan tersebar, dengan harga terbesar digunakan untuk debit desain.

### 2.3.3 Kapasitas Saluran

Dalam perencanaan saluran drainase juga mempertimbangkan kapasitas tampungan limpasan air dalam jumlah tertentu tanpa menimbulkan banjir. Menghitung kapasitas saluran, dipergunakan persamaan kontinuitas. Karena kapasitasnya yang terbatas maka untuk menghitung kapasitas maksimum saluran drainase dapat digunakan pada persamaan (2.35) (Chow, 1992):

$$Q = A \cdot V \quad (2.35)$$

Dimana :

- Q = Debit pengaliran ( $m^3/detik$ )  
 V = Kecepatan rata-rata dalam saluran ( $m/detik$ )  
 A = Luas penampang basah ( $m^2$ )

### 2.3.4 Kecepatan Aliran

Penentuan kecepatan aliran air di dalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar tetap *self cleansing* dan kecepatan maksimum yang diperbolehkan agar konstruksi tetap aman dari erosi pada dasar dan dinding saluran.

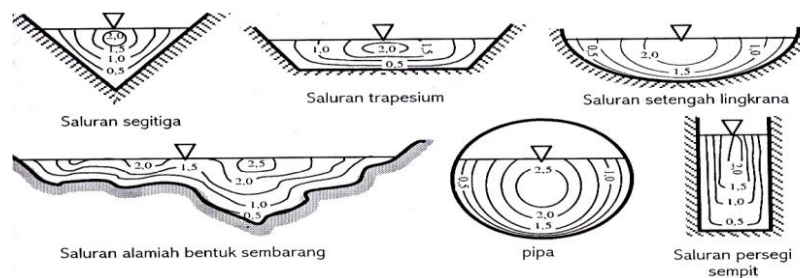
- Kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah  $3,0 \text{ m}^3/\text{detik}$  merupakan kecepatan aliran terbesar yang tidak mengakibatkan penggerusan pada lahan saluran.
- Kecepatan minimum yang diperbolehkan  $0,6 \text{ m}^3/\text{detik}$ , yaitu kecepatan aliran terendah di mana tidak terjadi pengendapan pada saluran (tercapainya *self cleansing*) dan tidak mendorong pertumbuhan tanaman air dan gang-gang.

Tabel 2.15 Batasan Aliran di Dalam Saluran

Tipe Saluran	Variasi Kecepatan (m/detik)
Bentuk bulat, buis beton	0,75-3,00
bentuk persegi, pasangan batu kali	1,00-3,00
bentuk trapesium, tanpa pengerasan	0,60-1,50

Sumber: SNI 03 - 3424 - 1994

Kecepatan aliran dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik lainnya. Hal ini disebabkan adanya tegangan geser di dasar dan dinding saluran dan keberadaan permukaan bebas memperlihatkan distribusi kecepatan pada beberapa tipe potongan saluran. Kecepatan aliran mempunyai tiga komponen arah menurut koordinat kartesius. Namun, komponen arah vertikal dan lateral biasanya kecil dan dapat diabaikan. Sehingga, hanya kecepatan aliran yang searah dengan aliran yang diperhitungkan. Komponen kecepatan ini bervariasi terhadap kedalaman dari permukaan air. Tipikal variasi kecepatan terhadap kedalaman air diperlihatkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2. 10 Distribusi kecepatan pada berbagai potongan melintang

Sumber : Chow,1959



### 1. Persamaan Rumus Chezy

Kecepatan aliran dikenal dengan rumus Chezy yaitu:

$$V = C \sqrt{R \cdot I_f} \quad (2.36)$$

Dimana:

V = kecepatan aliran (m/detik)

C = koefisien Chezy (m<sup>2</sup>/detik)

R = jari-jari hidrolis (m);

I<sub>f</sub> = Kemiringan garis energy (m/m)

Harga C tergantung pada kekasaran dasar saluran dan kedalaman aliran atau jari-jari hidrolis. Berbagai rumus di kembangkan untuk memperoleh harga C antara lain:

- Gangultef Aut Kulter (1869)

$$C = \frac{41.65 + \frac{0.00281}{3} + \frac{1.811}{n}}{1 + (41.65 + \frac{0.00281}{5}) \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (2.37)$$

Dimana:

n = koefisien kekasaran dasar dan dinding saluran

R = jari-jari hidrolis

S = kemiringan dasar saluran

- Bazin (1897)

$$C = \frac{87}{1 + gB/\sqrt{R}} \quad (2.38)$$

Dimana:

C = koefisien bazin

gB = koefisien yang tergantung pada kekasaran dinding

R = jari-jari hidrolis

Nilai gB untuk beberapa jenis dinding saluran dapat dilihat dalam Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Koefisien Kekasaran Bazin

Jenis Dinding	gB
Dinding sangat halus (semen)	0,06
Dinding halus (papan, batu, bata)	0,16
Dinding batu pecah	0,46
Dinding tanah sangat teratur	0,85
Saluran tanah dengan kondisi biasa	1,3
Saluran tanah dengan dasar batu pecah dan tebing rumput	1,75

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.12 Tahun 2014

## 2. Persamaan Rumus Manning (Suripin, 2004):

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S} \quad (2.39)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran (m/detik)

n = angka kekasaran Manning

R = Jari-jari hidrolik (m)

S = Kemiringan memanjang saluran (m/m)

Nilai koefisien kekasaran manning (n) pada Tabel 2.17 sampai dengan Tabel 2.20.

Tabel 2.17 Koefisien Kekasaran Manning, n

Bahan	Koefisien Manning, n
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.12 Tahun 2014

Tabel 2.18 Harga n Persamaan Manning

Jenis Saluran	Bagus sekali	Bagus	Cukup	Jelek
<b>A. SALURAN BUATAN</b>				
1. Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2. Saluran tanah, digali alat besar	0,023	0,028	0,030	0,040
3. Seperti 1, tetapi dibatuan	0,023	0,030	0,030	0,035
4. Seperti 3, tidak lurus, tak teratur	0,035	0,040	0,045	-
5. Seperti 4, dengan ledakan, sisi vegetasi	0,025	0,030	0,035	0,040
6. Dasar tanah, sisi batu belah	0,028	0,030	0,033	0,035
7. Saluran berbelok-belok, v rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
<b>B. SALURAN ALAMI</b>				
1. Bersih, lurus, tanpa ongkongan pasir dan tanpa lubang	0,025	0,028	0,030	0,033
2. Seperti 1, sedikit vegetasi dan kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
3. Belok-belok, bersih, sedikit ongkongan pasir dan lubang	0,033	0,040	0,040	0,045
4. Seperti 3, dangkal, kurang teratur	0,040	0,045	0,040	0,055
5. Seperti 3, sedikit vegetasi dan batu	0,035	0,040	0,045	0,050
6. Seperti 4, sedikit ada penampang batuan	0,045	0,050	0,055	0,060

Jenis Saluran	Bagus sekali	Bagus	Cukup	Jelek
7. Lambat, banyak vegetasi dan lubang dalam	0,050	0,060	0,070	0,080
8. Banyak vegetasi tinggi dan lebat	0,075	0,100	0,125	0,150
<b>C. SALURAN PASANGAN</b>				
1. Pasangan batu kosong	0,025	0,030	0,033	0,035
2. Seperti 1, dengan adukan	0,017	0,020	0,025	0,030
3. Beton tumbuk	0,014	0,016	0,019	0,021
4. Beton, sangat halus	0,010	0,011	0,012	0,013
5. Beton biasa, cetakan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
6. Seperti 5, cetakan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

Sumber: Hardjosuprpto, 1998

**Tabel 2.19 Harga n Manning Yang Dianjurkan Dalam Saluran Drainase**

No	Jenis saluran dan keterangannya	Min	Normal	Maks
1	Polongan aliran setengah penuh			
	Gorong-gorong beton, lurus, bebas sampah	0,010	0,011	0,013
	Gorong-gorong beton, dengan belokan, ada sampah	0,011	0,013	0,014
2	Saluran berlapisan			
	Bagian dasar pracetak, dinding sisi beton	0,013	0,015	0,017
	Dasar beton, dinding sisi pasangan batu	0,017	0,020	0,024
	Dasar tanah, dinding sisi batu kosong	0,020	0,023	0,026
3	Saluran alami			
	Bersih, lurus, tebing gebalan rumput	0,025	0,030	0,035
	Sedikit rumput liar dan batu	0,030	0,035	0,040
4	Lapisan vegetasi	0,030	0,035	0,050

Sumber: Hardjosuprpto, 1998

**Tabel 2.20 Harga n Manning Untuk Saluran Alami atau Sungai**

No	Jenis Peruntukan dan Keterangan	Rentang harga n
A	Saluran minor (lebar muka air banjir < 30m)	
1	Cukup teratur	
	a. Sedikit rumput/liar, sedikit/tanpa semak	0,030-0,035
	b. Rumput liar lebat,	0,035-0,050
2	Tak teratur, berlubang	
	a. Sedikit rumput/liar, sedikit/tanpa semak	0,040-0,055
	b. Rumput liar lebat,	0,050-0,070
3	Saluran bukit, tanpa vegetasi, tebing terjal, pohon dan semak sepanjang tebing tenggelam selama banjir besar	
	a. Dasar kerikil, batu dan sedikit batu besar	0,040-0,050
	b. Dasar batu dengan banyak batu besar	0,050-0,070
B	Bantaran banjir (dekat saluran alami)	
1	Padang rumput, tanpa semak:	
	a. Rumput pendek	0,030-0,035
	b. Rumput Tinggi	0,035-0,050
2	Daerah Bercocok tanam	0,035-0,045
3	Rumput liar lebat, semak menyebar	0,050-0,070
4	Semak dan pepohonan kecil	0,060-0,080
5	Vegetasi medium sampai lebat	0,100-0,120
6	Lahan bersih dengan tunggul pohon (250-625 batang/ha)	

No	Jenis Peruntukan dan Keterangan	Rentang harga n
	a. Tanpa anak-anak pohon	0,040-0,050
	b. Dengan anak pohon lebat	0,060-0,080
7	Tonggak kayu lebat, sedikit tumbang /tumbuh	0,100-0,120
C	Saluran mayor (Bair banjir > 30 m), teratur, bersih	0,028-0,330

Sumber: Hardjosuprpto, 1998

Faktor-faktor yang mempengaruhi harga kekasaran manning,  $n$ , adalah, kekasaran permukaan dasar dan dinding saluran, tumbuh-tumbuhan, ketidakteraturan bentuk penampang, alignment dari saluran, sedimentasi dan erosi, penyempitan (adanya pilar-pilar jembatan), bentuk dan ukuran saluran, elevasi permukaan air dan debit aliran

Apabila dihubungkan persamaan rumus Chezy dan persamaan rumus Manning akan diperoleh hubungan antara koefisien Chezy ( $C$ ) dan koefisien Manning ( $n$ ) sebagai berikut:

$$V_{chezy} = V_{manning} \quad (2.40)$$

$$C \sqrt{R \cdot I_f} = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{I_f} \quad (2.41)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2.42)$$

Kecepatan aliran air yang diizinkan berdasarkan jenis material pada Tabel 2.21

Tabel 2.21 Kecepatan aliran air yang diizinkan berdasarkan jenis material

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang diizinkan (m/detik)
Pasir Halus	0,45
Lempung Kepasiran	0,50
Lanau Alluvial	0,60
Kerikil Halus	0,75
Lempung Kokoh	0,75
Lempung Padat	1,10
Kerikil Kasar	1,20
Bau-batu Besar	1,50
Pasangan Bat	1,50
Beton	1,50
Beton Bertulang	1,50

Sumber: Standar Nasional Indonesia SNI 03 - 3424 - 1994

### 2.3.5 Penampang 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. Potongan melintang saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan tertentu.

Dari rumus Manning maupun Chezy dapat dilihat bahwa untuk kemiringan dan dasar saluran tetap, kecepatan maksimum dicapai bila jari-jari hidraulik,  $R$ , maksimum. Selanjutnya, untuk luas penampang tetap, jari-jari hidraulik maksimum jika keliling basah  $P$  minimum. Kondisi di atas memungkinkan untuk menentukan dimensi penampang melintang saluran yang ekonomis untuk berbagai macam bentuk seperti:

#### 1. Penampang Berbentuk Persegi yang Ekonomis

Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dan lebar dasar  $B$  dan kedalaman air  $h$ , luas penampang basah,  $A$ , dan keliling basah,  $P$ , dapat dituliskan dengan rumus berikut (Suripin, 2004):

$$A = Bh \quad (2.43)$$

$$P = B + 2h \quad (2.44)$$

$$B = 2H \quad (2.45)$$

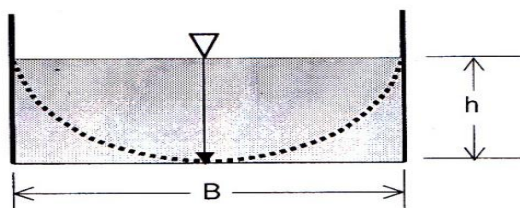
Dimana:

$A$  = Luas Penampang ( $m^2$ )

$B$  = Lebar saluran (m)

$h$  = Tinggi saluran (m)

$P$  = Keliling Basah (m)



Gambar 2. 11 Penampang melintang saluran berbentuk persegi

Sumber: Suripin, 2004

## 2. Penampang Trapesium Ekonomis

Luas penampang melintang,  $A$ , dan keliling basah,  $P$ , saluran dengan penampang melintang yang berbentuk trapesium dengan lebar dasar  $B$ , kedalaman aliran  $h$ , dan kemiringan dinding  $1:m$ , dapat dirumuskan sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$A=(B+mh)h \quad (2.46)$$

$$P=B+2h\sqrt{m^2+1} \quad (2.47)$$

Dimana:

$A$  = Luas profil basah ( $m^2$ ).

$B$  = Lebar dasar saluran (m).

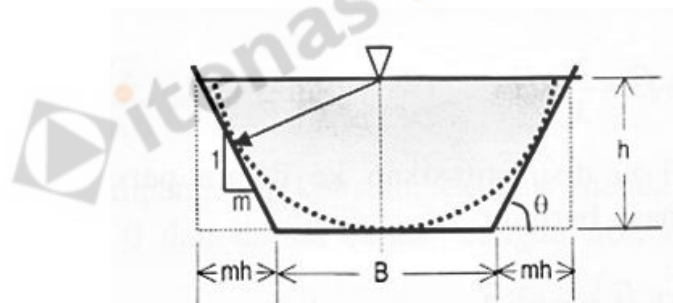
$h$  = Tinggi air di dalam saluran (m).

$T = (B + m h + t h)$  = lebar atas muka air.

$m$  = Kemiringan talud kanan.

$t$  = Kemiringan talud kiri.

$P$  = Keliling Basah (m)



Gambar 2. 12 Penampang melintang saluran berbentuk trapesium

Sumber: Suripin, 2004

## 3. Segitiga

Luas profil basah berbentuk segitiga dapat dinyatakan sebagai berikut:

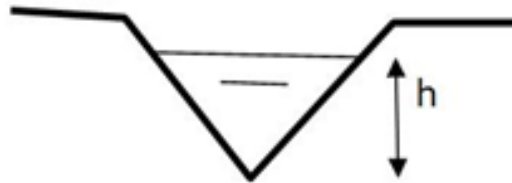
$$A = \frac{1}{2} x T x h \quad (2.48)$$

Dimana:

$A$  = Luas profil basah ( $m^2$ )

$h$  = Tinggi air di dalam saluran (m)

$T = (B+mh+th)$



Gambar 2. 13 Penampang melintang saluran berbentuk segitiga

Sumber: Suripin, 2004

#### 4. Lingkaran

Luas profil basah berbentuk lingkaran dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$a = r \cdot \sin\left(\frac{\varphi - 180}{2}\right) \quad (2.49)$$

Dimana:

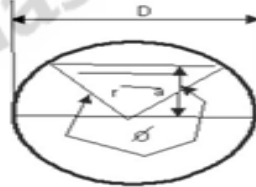
$a$  = tinggi air (dalam m).

$\Phi$  = sudut ketinggian air (dalam radial)= $\gamma$

$r$  = jari-jari lingkaran (m).

$A$  = luas profil basah (m<sup>2</sup>)

$P$  = keliling basah (m)



Gambar 2. 14 Penampang melintang saluran berbentuk lingkaran

Sumber: Suripin, 2004

Penampang saluran Lebar Sekali (*Wide Open Channel*) adalah suatu penampang saluran terbuka yang lebar sekali, dimana berlaku pendekatan sebagai saluran terbuka berpenampang persegi empat dengan lebar yang jauh lebih besar daripada kedalaman ( $B > h$ ), dan keliling basah  $P$  disamakan dengan lebar saluran  $B$ . dengan demikian maka luas penampang  $A = B \cdot h$  dan  $P = B$  sehingga:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{B \cdot h}{B} = h \quad (2.50)$$

Debit aliran adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang tiap satuan waktu dan simbol/notasi yang digunakan adalah  $Q$ .

$$Q = A \cdot V \quad (2.51)$$

Dimana:

$Q$  = debit aliran ( $m^3/s$ )

$A$  = luas penampang ( $m^2$ )

$V$  = kecepatan ( $m/detik$ )

Bila saluran dengan kekasaran  $n$ , kemiringan  $S$ , dan luas penampang basah tertentu mencapai debit maksimum, maka agar daya angkut aliran maksimal tercapai, penampang basah itu harus memiliki bentuk dengan jari-jari hidrolis maksimum pula. Bentuk penampang yang seperti ini disebut penampang/profil hidrolis umum. Pada Tabel 2.22 dapat dilihat jenis-jenis penampang dengan besaran-besaran hidrolis optimumnya.

Tabel 2.22 Besar-besaran Penampang Hidrolis Optimum

No	Penampang	A	P	R	B	D
1	Trapesium setengah heksagon Empat persegi panjang setengah bujur sangkar	$D2\sqrt{3}$	$2d\sqrt{3}$	$(1/2)d$	$(4/3)d\sqrt{3}$	$(3/4)d$
2	Sangkar	$2d^2$	$4d$	$(1/2)d$	$2d$	$d$
3	Segitiga setengah bujur sangkar	$d^2$	$2d\sqrt{3}$	$(1/4)d\sqrt{2}$	$2d$	$(1/2)d$
4	Setengah lingkaran	$(1/2)\pi d^2$	$\Pi$	$(1/2)d$	$2d$	$\Pi$

Sumber: Chow, 1970

### 2.3.6 Ambang Bebas

Jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rencana disebut dengan ambang bebas. Ambang bebas memiliki fungsi sebagai jagaan untuk menghindari meluapnya air ke tepi saluran. Ketinggian ambang bebas atau memiliki notasi  $f$  dapat dicari dengan rumus berikut (Chow, 1992):

$$f = \sqrt{C_f \cdot y} \quad (2.52)$$

Dimana :

$C_f$  = Koefisien ambang bebas (Tabel 2.23)

$F$  = Ketinggian muka air (m)

Tabel 2.23 Harga  $C_f$  untuk Rentang Debit

Debit ( $m^3/detik$ )	$C_f$
$Q < 0,6$	0,14
$0,6 < Q < 8$	0,14-0,22
$Q > 8$	0,23-0,25

Sumber: Chow, 1992



### 2.3.7 Perlengkapan Saluran

Perlengkapan saluran dimaksudkan sebagai sarana pelengkap pada sistem penyaluran air hujan, sehingga fungsi pengaliran dapat terjadi sebagaimana yang direncanakan. Dalam hal ini diuraikan fungsi dan arti pelengkap termasuk di dalamnya pemakaian rumus dan perhitungannya.

#### 1. *Street Inlet*

*Street inlet* merupakan lubang/buangan disisi-sisi jalan yang berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan yang berada disepanjang jalan menuju kedalam saluran. Pada jenis penggunaan saluran terbuka tidak diperlukan *street inlet* karena ambang saluran yang ada merupakan bukaan bebas (kecuali untuk jalan dengan trotar jalan terbangun).

Peletakan *street inlet* mempunyai ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- Diletakan pada tempat yang tidak memberikan gangguan terhadap lalulintas jalan maupun pejalan kaki.
- Ditempatkan pada daerah yang rendah dimana limpasan air hujan menuju ke arah tersebut.
- Air yang masuk *street inlet* harus secepatnya menuju ke dalam saluran.
- Jumlah *street inlet* harus cukup untuk menangkap limpasan air hujan pada jalan yang bersangkutan, dengan persamaan (2.57) :

$$D = \frac{280\sqrt{S}}{W} \quad (2.53)$$

Dimana:

D = Jarak antar *street inlet* (m) :  $D \leq 50$  m

S = Kemiringan Longitudinal Jalan (%)

W = Lebar jalan/Lebar daerah *catchment area* (m)

Inlet untuk *surface runoff* yang berasal dari jalan dan daerah berkedap (paved area). Ukuran, jumlah dan jarak inlet akan menentukan genangan yang terjadi saat hujan.

Letak:

- Titik terendah (tipikal)
- Sepanjang jalan (dekat trotoar)

- Jarak antar *street inlet* 50 m (standar)
- Luas daerah kedap 200 m<sup>2</sup>

a. *Gutter Inlet*

*Gutter inlet* adalah bukaan horizontal dimana air jatuh ke dalamnya. Kapasitas *gutter inlet* dapat dihitung dengan menggunakan modifikasi persamaan Manning untuk aliran dalam salurn yang sangat dangkal, yaitu:

$$Q = 0.56 (z/n) S^{0.5} d_c^{8/3} \quad (2.54)$$

Dimana :

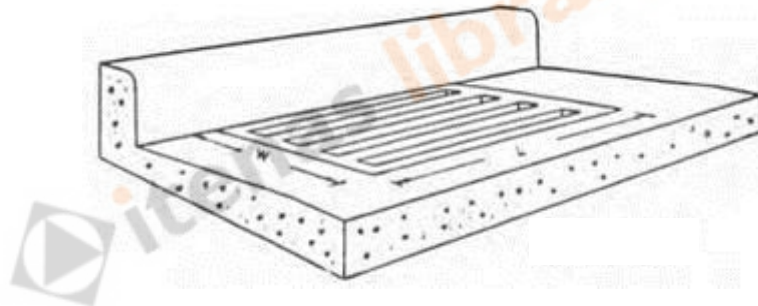
Q = kapasitas *gutter inlet* (m<sup>3</sup>/detik)

z = kemiringan potongan melintang jalan (m/m)

n = koefisien kekasaran Manning = 0.016

S = kemiringan *longitudinal Gutter* (m/m)

d<sub>c</sub> = kedalam aliran di dalam gutter (m) =  $\frac{1}{4} zw + d$



Gambar 2. 15 Gutter Inlet

Sumber : Mardiansyah, 2012

b. *Crub Inlet*

*Curb inlet* adalah bukaan vertikal dimana air masuk kedalamnya. Kapasitas dihitung terhadap panjang bukaan missal penambahan legokan. Kapasitas *curb inlet* dapat dihitung dengan rumus empiris sebagai berikut:

*british unit*

$$Q/L = 0.2gd^{3/2} \quad (2.55)$$

*metric unit*

$$Q/L = 0.3gd^{3/2} \quad (2.56)$$

Dimana:

Q = Kapasitas *curb inlet* (cfs, m<sup>3</sup>/detik)

L = Lebar bukaan *curb* (ft, m)

$g$  = Gravitasi ( $m^3/detik$ )

$d$  = Kedalaman total air dalam *gutter* (ft, m)

Tinggi air pada permukaan jalan dekat *gutter/curb* dapat didekati dengan rumus :

$$d = 0.0474 (DI)^{0.5}/S^{0.2} \quad (2.57)$$

Dimana:

$d$  = Kedalam air (mm) pada lebar  $\frac{1}{4}$  lebar jalan

$D$  = Jarak antara *street inlet*

$I$  = Intensitas hujan (mm/jam)

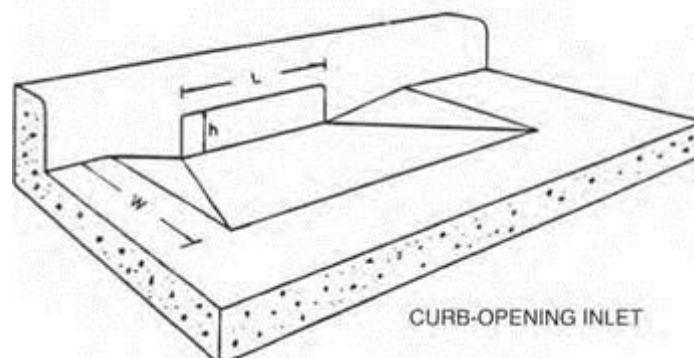
$S$  = Kemiringan jalan

Dalam perencanaan, kapasitas gutter maupun *curb inlet* harus diturunkan (10-30)% untuk memperhitungkan gangguan penyumbatan, dimana penurunan ini tergantung pada kondisi jalan serta tipe inlet seperti pada Tabel 2.24:

Tabel 2.24 Faktor Reduksi Dalam Penentuan Kapasitas Inlet

Kondisi Jalan	Tipe <i>outlet</i>	Persentase dari kapasitas teoritis yang diijinkan
<i>Sump</i>	<i>Curb</i>	80%
<i>Continous grade</i>	<i>Curb</i>	80%
<i>Continous grade</i>	<i>Deflector</i>	75%

Sumber : BUDSP, Drainage Desaign for Bandung, 1970



Gambar 2. 16 Curb Inlet

Sumber : Mardiansyah, 2012

## 2. Gorong-Gorong

Gorong-gorong adalah saluran yang memotong jalan atau media lain. Bentuk gorong-gorong terdiri dari: bentuk lingkaran yang terbuat dari pipa beton dan bentuk segiempat dari beton bertulang. Gorong-gorong mempunyai potongan melintang yang lebih kecil dari pada luas basah saluran hulu maupun hilir. Sebagian dari potongan melintang mungkin berada di atas muka air dalam hal ini gorong-gorong berfungsi sebagai saluran terbuka dengan aliran bebas. Pada gorong-gorong aliran bebas, benda-benda yang hanyut dapat lewat dengan mudah, tetapi biaya pembuatannya umumnya lebih mahal dibanding gorong-gorong tenggelam. Pemeliharaan gorong-gorong harus terbebas dari endapan lumpur, dengan batasan kecepatan dalam gorong-gorong harus lebih besar atau sama dengan kecepatan *self cleansing*. Kehilangan tekanan oleh pengaliran di dalam gorong-gorong dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta h = (V^2/2g) (1 + a + b (lp/4A)) \quad (3 - 124) \quad (2.58)$$

Dimana:

$\Delta h$  = Perbedaan tinggi muka air di muka dan di belakang gorong-gorong (m)

$v$  = Kecepatan air dalam gorong-gorong (m/detik)

$g$  = Gaya gravitasi ( $m/detik^2$ )

$l$  = Panjang gorong-gorong

$p$  = Keliling basah gorong-gorong

$A$  = Luas penampang basah gorong-gorong

$a$  = Koefisien kontraksi pada perlengkapan gorong-gorong.

$$a = (1/\mu) - 1 \quad (2.59)$$

$$\mu = 0.8 - 0.83$$

$b$  = Koefisien dinding pada gorong-gorong, untuk gorong-gorong bulat.

Untuk gorong-gorong bulat:

$$b = 1.5 [0.01989 + (0.0005078/d)] \quad (2.60)$$

Untuk gorong-gorong segi empat:

$$b = 1.5 [0.01989 + (0.0005078/4R)] \quad (2.61)$$



Gambar 2. 17 Gorong-Gorong  
Sumber : Mardiansyah, 2012

### 3. Bangunan Terjunan

Bangunan Pelengkap adalah bangunan air yang melengkapi sistem drainase berupa gorong-gorong, bangunan pertemuan, bangunan terjunan, siphon, talang, tali air/*street inlet*, pompa dan pintu air. Bangunan terjunan diperlukan jika kemiringan permukaan tanah lebih curam dari pada kemiringan maksimum saluran yang diizinkan. Selain itu bangunan ini berfungsi untuk mencegah terjadinya penggerusan pada badan saluran akibat kecepatan dalam saluran telah melebihi kecepatan maksimum yang diizinkan.

Bangunan ini mempunyai empat bagian fungsional yang masing-masing mempunyai sifat perencanaan yang khas. Keempat bagian tersebut adalah:

- Bagian hulu pengontrol, yaitu bagian dimana aliran menjadi superkritis.
- Bagian dimana air dialirkan ke elevasi yang lebih rendah.
- Bagian tepat disebelah hilir potongan U, yaitu tempat energi diredam.
- Bagian peralihan saluran memerlukan perlindungan untuk mencegah erosi.

Bangunan-bangunan pelengkapan diantaranya :

#### a. Bagian pengontrol

Pada bagian pertama dari bangunan ini, aliran di atas ambang dikontrol. Hubungan tinggi energi yang memakai ambang sebagai acuan dengan debit pada pengontrol ini. Kondisi jalan Tipe *Inlet Persentase* dari kapasitas

teoritis yang diijinkan bergantung pada ketinggian ambang, potongan memanjang mercu bangunan, ke dalam bagian pengontrol yang tegak lurus terhadap aliran, dan lebar bagian pengontrol ini. Bangunan-bangunan pengontrol yang mungkin adalah alat ukur ambang lebar atau flum leher panjang.

b. Terjunan Tegak

Pada terjunan tegak ini air akan mengalami jatuh bebas pada pelimpah terjunan kemudian akan terbentuk suatu loncatan hidrolis pada hilir.

- Untuk  $Q < 2.5 \text{ m}^3 / \text{dt}$ , tinggi terjun maksimum adalah 1.5 m
- Untuk  $Q > 2.5 \text{ m}^3 / \text{dt}$ , tinggi terjun maksimum adalah 2.5 m

Untuk menentukan terjunan tegak digunakan rumus:

$$Y_c = 2/3 h \quad (2.62)$$

$$Q = bq \quad (2.63)$$

$$q = Y_c \sqrt{Y_c \cdot g} \quad (2.64)$$

$$D = Y_c / h \quad (2.65)$$

$$Y_1 = 0.54 HD^{0.425} \quad (2.66)$$

$$Y_2 = 1.66 HD^{0.27} \quad (2.67)$$

$$Y_p = HD^{0.22} \quad (2.68)$$

$$4L_d = 4.3 HD^{0.22} \quad (2.69)$$

$$L_j = 6.9 (Y_2 - Y_1) \quad (2.70)$$

$$L_t = L_d + L_j \quad (2.71)$$

Dimana:

$Y_c$  = Kedalaman air kritis (m)

$h$  = Kedalaman air normal (m)

$Q$  = Debit aliran ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$b$  = Lebar saluran

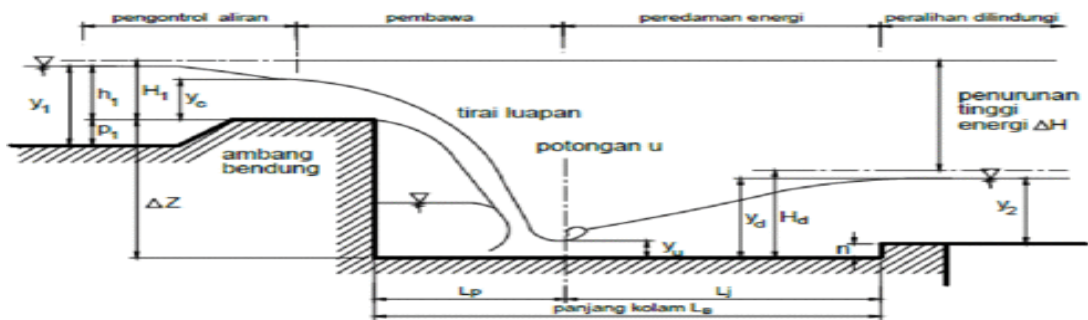
$q$  = Debit persatuan lebar ambang

$g$  = Gaya gravitasi

$Y_1$  = Kedalaman sebelum terjadi lonpatan (m)

$Y_2$  = Kedalaman setelah terjadi lonpatan (m)

- $Y_p$  = Kedalaman terjunan  
 $L_d$  = Panjang terjunan  
 $L_j$  = Panjang lompatan air (m)  
 $L_t$  = Panjang total



Gambar 2.18 Terjunan Tegak

Sumber: Hasmar, 2002

c. Terjunan Miring

Terjunan miring dipakai untuk tinggi terjun  $> 2$  m, mulai dari awal terjunan miringnya air yang mendapat tambahan kecepatan sehingga sepanjang terjunan miring tersebut berangsur-angsur terjadi penurunan muka air. Supaya perubahan kecepatan air dari kecepatan normal ke kecepatan maksimum berjalan secara teratur dan tidak secara mendadak, dibuat suatu bagian peralihan. Tipe yang sering digunakan adalah tipe vluhter.

$$H = h_1 + (v^2/2g) \quad (2.72)$$

$$h_2 = 2/3 h_1 \quad (2.73)$$

$$h_{1S} = CH (H/z) \quad (2.74)$$

Dimana:

$$C = 0.40$$

$$\text{untuk } 1/3 < z/H < 4/3, \text{ maka } D = 0.60 H + 1.1 z$$

$$a = 0.2 H H/z \quad (2.75)$$

$$\text{untuk } 4/3 < z/H < , \text{ maka } D = H + 1.1z$$

$$a = 0.15 H H/z \quad (2.76)$$

Dimana:

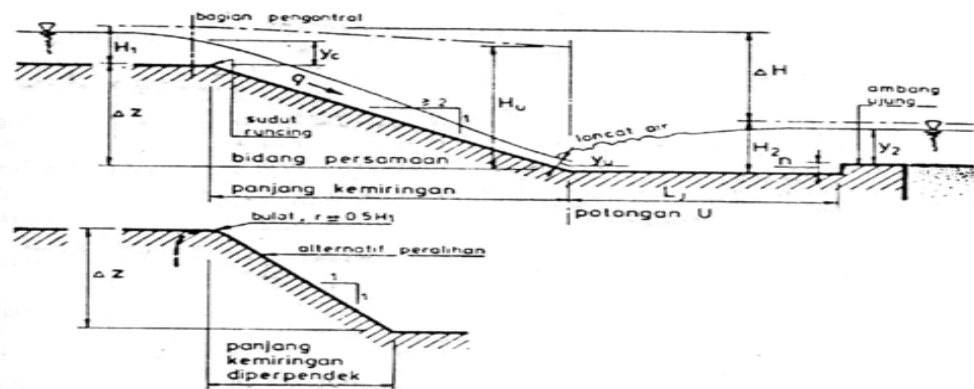
$H$  = Tinggi energi (m)

$h_1$  = Kedalaman air di hilir

$h_2$  = Kedalaman kritis (m)

$s$  = Ketinggian air pada bagian yang miring (m)

$z$  = Beda tinggi air sebelum dan sesudah terjunan (m)



Gambar 2.19 Terjunan Miring

Sumber: Hasmar, 200

d. Bangunan Pembuangan atau *Outfall*

Bangunan pembuangan atau *outfall* merupakan ujung saluran yang ditempatkan pada sungai atau badan air penerima lainnya. Struktur *outfall* ini hampir sama dengan struktur bangunan terjunan karena biasanya titik ujung saluran terletak pada elevasi yang lebih tinggi dari permukaan badan air penerima, sehingga dalam perencanaan *outfall* ini merupakan bangunan terjunan. Untuk menghitung dimensinya digunakan persamaan kontinuitas dan persamaan Manning. Kecepatan aliran dapat direncanakan antara 6 sampai 10 m/detik. Lebar mulut peralihan dapat dihitung dengan persamaan (2.77) :

$$Q = 0.35 b(h + (v^2 / 2g) ) 2g \sqrt{h + (v^2 / 2g)} \quad (2.77)$$

$V$  adalah kecepatan aliran pada saluran, sedangkan kecepatan aliran pada awal bagian peralihan ( $v_1$ ) dihitung dengan persamaan (2.82) :

$$Q = A v_1 \quad (2.78)$$

$$A = b (2/3 h) \quad (2.79)$$

Sedangkan panjang bagian peralihan dihitung dengan persamaan : (2.80)

$$L = H/S \quad (2.81)$$

$$v_2 - v_1 = m \sqrt{2gH} \quad (2.82)$$



Dimana:

H = Perbedaan tinggi profil awal dan akhir dari bagian peralihan

S = Kemiringan saluran (%)

## 2.4 Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase)

Konsep drainase yang dulu dipakai di Indonesia (paradigma lama) adalah drainase pengaturannya itu mengataskan kelebihan air (utamanya air hujan) ke badan air terdekat. Drainase pengaturan semacam ini adalah drainase yang lahir sebelum pola pikir komprehensif berkembang, dimana masalah genangan, banjir, kekeringan dan kerusakan lingkungan masih dipandang sebagai masalah lokal dan sektoral yang bisa diselesaikan secara lokal dan sektoral pula tanpa melihat kondisi sumber daya air dan lingkungan di hulu, tengah dan hilir secara komprehensif (Kusnaedi, 1995).

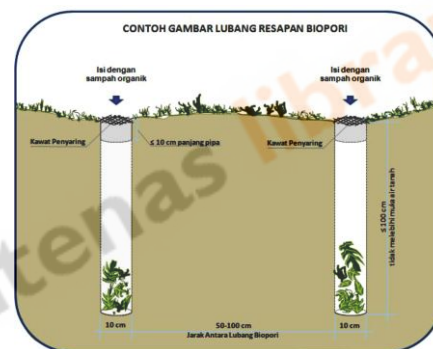
Drainase berwawasan lingkungan didefinisikan sebagai upaya untuk mengelola air kelebihan (air hujan) dengan berbagai metode diantaranya dengan menampung melalui bak tandon air untuk langsung bisa digunakan, menampung dalam tampungan buatan atau badan air alami, meresapkan dan mengalirkan ke sungai terdekat tanpa menambah beban pada sungai yang bersangkutan serta senantiasa memelihara sistem tersebut sehingga berdaya guna secara berkelanjutan. Dengan konsep drainase berwawasan lingkungan tersebut, maka kelebihan air hujan tidak secepatnya dibuang ke sungai terdekat. Namun air hujan tersebut dapat disimpan di berbagai lokasi di wilayah yang bersangkutan dengan berbagai macam cara, sehingga dapat langsung dimanfaatkan atau dimanfaatkan pada musim berikutnya, dan dapat digunakan sebagai sarana untuk mengurangi genangan dan banjir yang ada (Kusnaedi, 1995).

### 2.4.1 Lubang Resapan Biopori

Lubang Resapan Biopori (LRB) yaitu ruangan atau pori-pori dalam tanah yang dibentuk secara alami dengan adanya aktivitas makhluk hidup di dalam tanah seperti, akar tanaman, cacing, rayap dan mikroorganisme lainnya. Bentuk biopori meyerupai liang kecil dan bercabang-cabang yang sangat efektif menyerap air ke dalam tanah (Gambar 2.17) (Brata, 2008).

Penerapan teknologi lubang resapan biopori dimaksudkan untuk meningkatkan jumlah dan luas liang pori yang terbentuk kesegala arah di dalam tanah, dengan bertambahnya luas liang pori tersebut maka jumlah (volume) peresapan air ke dalam tanah akan semakin meningkat. Sesuai dengan tujuannya adalah untuk meningkatkan peresapan air ke dalam tanah, maka pemasangan lubang resapan biopori harus ditempatkan pada lokasi yang dilalui air atau tempat-tempat dimana biasanya air tergenang pada saat hujan (Brata, 2008).

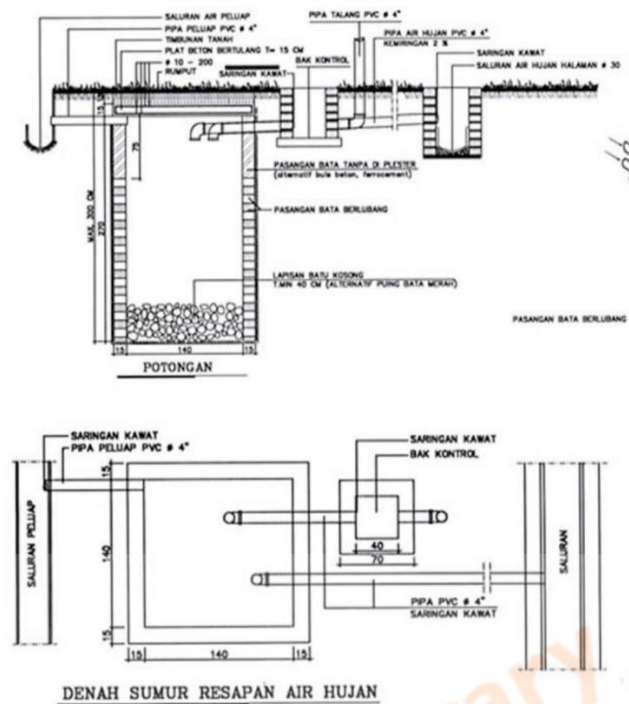
Tempat yang dianjurkan untuk pemasangan biopori adalah: di saluran pembuangan air hujan, sekeliling pohon, kontur taman, pada sisi pagar, dan tempat lain yang dianggap sesuai. Sudah semestinya biopori ditempatkan pada titik yang berpotensi terjadi genangan, karena pembuatan biopori pada lokasi yang agak tinggi maka laju resapan air tidak maksimal (Brata, 2008).



Gambar 2. 20 Lubang Resapan Biopori  
Sumber : PermenLH No 12, 2009

#### 2.4.2 Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan sumur atau lubang pada permukaan tanah yang dibuat untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah. Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum berfungsi untuk menaikkan air tanah ke permukaan. Sumur resapan digali dengan kedalaman di atas muka air tanah. Sumur air minum digali lebih dalam lagi atau di bawah muka air tanah (Kusnaedi, 1995).



Gambar 2.22 Denah Sumur Resapan

Sumber : Kusnaedi, 1995

#### 2.4.2.1 Kegunaan Sumur Resapan

Beberapa kegunaan sumur resapan, adalah sebagai berikut (Kusnaedi, 1995):

1. Pengendali banjir.

Sumur resapan mampu memperkecil aliran permukaan sehingga terhindar dari penggenangan aliran permukaan secara berlebihan yang menyebabkan banjir.

2. Konservasi air tanah.

Sumur resapan sebagai konservasi air tanah, diharapkan agar air hujan lebih banyak yang diresapkan ke dalam tanah menjadi air cadangan dalam tanah. Air yang tersimpan dalam tanah tersebut akan dapat dimanfaatkan melalui sumur-sumur atau mata air. Peresapan air melalui sumur resapan ke dalam tanah sangat penting mengingat adanya perubahan tata guna tanah di permukaan bumi sebagai konsekuensi dari perkembangan penduduk dan perekonomian masyarakat. Perubahan tata guna tanah tersebut akan menurunkan kemampuan tanah untuk meresapkan air. Hal ini mengingat semakin banyaknya tanah yang tertutupi tembok, beton, aspal dan bangunan lainnya yang tidak meresapkan air.

3. Menekan laju erosi.

Penurunan aliran permukaan maka laju erosi pun akan menurun. Bila aliran permukaan menurun, tanah-tanah yang tergerus dan terhanyut pun akan berkurang. Dampaknya, aliran permukaan air hujan kecil dan erosi pun akan kecil dengan demikian adanya sumur resapan mampu menekan besarnya aliran permukaan.

#### **2.4.2.2 Faktor-faktor Pertimbangan Pembuatan Sumur Resapan**

Sumur resapan yang dibuat harus memenuhi teknis yang baik. Pembuatan sumur resapan perlu diperhitungkan beberapa faktor, antara lain sebagai berikut: (Kusnaedi, 1995):

1. Faktor iklim.

Iklim merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan sumur resapan. Faktor yang perlu mendapat perhatian adalah besarnya curah hujan. Semakin besar curah hujan di suatu wilayah berarti semakin besar sumur resapan yang diperlukan.

2. Kondisi air tanah.

Pada kondisi permukaan air tanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat secara besar-besaran karena tanah benar-benar memerlukan suplai air dari sumur resapan. Sebaliknya pada lahan yang muka airnya dangkal, sumur resapan kurang efektif dan tidak akan berfungsi dengan baik. Terlebih pada daerah rawa dan pasang surut, sumur resapan kurang efektif. Justru daerah tersebut memerlukan saluran drainase.

3. Kondisi tanah.

Keadaan tanah sangat berpengaruh pada besar kecilnya daya serap tanah terhadap air hujan. Dengan demikian konstruksi dari sumur resapan harus mempertimbangkan sifat fisik tanah. Sifat fisik yang langsung berpengaruh terhadap besarnya infiltrasi (resapan air) adalah tekstur dan pori-pori tanah. Tanah berpasir dan porus lebih mampu merembeskan air hujan dengan cepat. Akibatnya, waktu yang diperlukan air hujan untuk tinggal dalam sumur resapan relatif singkat dibandingkan dengan tanah yang kandungan liatnya tinggi dan lekat

### 2.4.3 Sistem Polder

Sistem polder adalah sistem penanganan drainase perkotaan dengan cara mengisolasi daerah yang dilayani (*catchment area*) terhadap masuknya air dari luar sistem, baik berupa limpasan (*overflow*) maupun di bawah permukaan tanah (gorong-gorong dan rembesan), serta mengendalikan ketinggian muka air banjir di dalam sistem sesuai dengan rencana. Drainase sistem polder digunakan apabila penggunaan drainase sistem gravitasi sudah tidak dimungkinkan lagi, walaupun biaya investasi dan operasinya lebih mahal. Drainase sistem polder akan digunakan untuk kondisi sebagai berikut (Suripin, 2004):

1. Elevasi/ketinggian muka tanah lebih rendah daripada elevasi muka air laut pasang, pada daerah tersebut sering terjadi genangan akibat air pasang (rob).
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 tanah (*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 (aliran balik) dari sungai pengendali banjir.

Pengisolasian dapat dilakukan dengan penanggulangan atau dengan mengelakkan air yang berasal dari luar kawasan polder. Air di dalam polder dikendalikan dengan sistem drainase, atau kadang-kadang dikombinasikan dengan sistem irigasi. Dengan demikian, polder mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Suripin, 2004):

1. Polder adalah daerah yang dibatasi dengan baik, dimana air yang berasal dari luar kawasan tidak boleh masuk, hanya air hujan (dan kadang-kadang air rembesan) pada kawasan itu sendiri yang dikumpulkan.
2. Dalam polder tidak ada aliran permukaan bebas seperti pada daerah tangkapan air alamiah, tetapi dilengkapi dengan bangunan pengendali pada pembuangannya (dengan penguras atau pompa) untuk mengendalikan aliran keluar.
3. Muka air di dalam polder (air permukaan maupun air bawah permukaan) tidak bergantung pada permukaan air di daerah sekitarnya dan dinilai berdasarkan elevasi lahan, sifat-sifat tanah, iklim dan tanaman.