

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Manusia hidup di dalam suatu lingkungan yang beraneka ragam, antara komponen satu dengan komponen lainnya di dalam lingkungan dan manusia itu sendiri terjalin hubungan yang kompleks satu dengan yang lain yang membentuk sumberdaya yang berupa sistem makanan dan pernapasan. Hubungan timbal balik tersebut senantiasa mengarah kepada bentuk keseimbangan yang disebut keseimbangan ekosistem. Keseimbangan ekosistem harus terjaga, apabila di dalam lingkungan manusia terjadi sesuatu yang mengancam eksistensi manusia yang disebabkan oleh perbuatan manusia itu sendiri, maka terjadilah apa yang dinamakan pencemaran lingkungan hidup. Salah satu pencemaran lingkungan hidup adalah banjir, dimana banjir timbul sebagai akibat langsung atau tidak langsung dari aktivitas manusia (karena pembuangan sampah kesungai atau karena penebangan hutan yang tidak terkontrol).

Banjir adalah genangan air di atas permukaan tanah sampai melebihi batas tinggi tertentu yang mengakibatkan kerugian atau juga salah satu dampak buruk akibat kerusakan alam. Masalah drainase, terutama di kota-kota besar di Indonesia telah menjadi penting dengan sering terjadi banjir atau genangan air di musim penghujan pada daerah perkotaan, yang mengganggu kehidupan masyarakat dan

menghambat transportasi, serta menimbulkan kerugian harta benda yang cukup besar nilainya.

Pengertian drainase itu merupakan suatu ilmu tentang pengeringan tanah (to drain = mengosongkan air) adalah bahwa air harus secepat mungkin dibuang dan secara terus menerus (continue), serta dilakukan seekonomis mungkin. Pengertian drainase perkotaan menurut Suripin, (2004) merupakan usaha untuk mengatasi masalah genangan air di kota-kota besar sekaligus merupakan bagian penting dan integral didalam sistem drainase perkotaan, sehingga perencanaan perlu mempertimbangkan factor-faktor yang terkait dengan pembangunan prasarana perkotaan lain (perumahan, industry, jalan dan sebagainya).

Sedangkan menurut Imam Surbakah (1980) suatu daerah perkotaan umumnya merupakan bagian dari suatu daerah aliran yang lebih luas dan di daerah aliran ini tentu sudah ada sistem drainase alami. Perancangan dan pengembangan sistem drainase perkotaan yang baru harus diselaraskan dengan sistem drainase alami agar keadaan aslinya dapat dipertahankan.

Sehingga dari pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa drainase adalah usaha untuk mengatasi masalah genangan air dimana pada prinsipnya mencakup karakteristik dari bagian sistim drainase maksimum dan muka air banjir maksimum yang terjadi pada sistem. Hujan yang tinggi atau akibat durasi hujan yang lama.

## **2.2 Prinsip dan Tujuan Sistem Drainase Perkotaan**

Desain drainase perkotaan memiliki keterkaitan dengan tata guna lahan, tata ruang kota, master plan drainase kota dan kondisi sosial budaya masyarakat terhadap

kedisiplinan dalam hal pembuangan sampah. Kapasitas drainase harus mencukupi baik untuk penampungan air hujan yang akan dialirkan ketempat pembuangan (laut, sungai besar) maupun yang diserap kedalam tanah. Jika kapasitas ini tidak mencukupi maka system akan gagal dan terjadi banjir atau genangan.

### **2.3 Jenis Drainase**

Jenis Drainase dapat dikelompokkan berdasarkan sebagai berikut.

#### **1. Sistem Drainase terbuka**

Drainase saluran terbuka adalah system saluran yang permukaan airnya terpengaruh oleh udara luar (atmosfer). Drainase saluran terbuka biasanya mempunyai luasan yang cukup dan digunakan untuk mengalirkan air hujan atau air limbah yang tidak membahayakan kesehatan lingkungan dan tidak mengganggu keindahan.

#### **2. Sistem Drainase tertutup**

Drainase saluran tertutup adalah system saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Saluran drainase saluran tertutup sering digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan.

#### **2.3.1 Drainase Berdasarkan Cara Terbentuknya**

Jenis drainase berdasarkan cara terbentuknya, dapat dikelompokkan menjadi:

##### **a) Drainase alamiah (natural drainage)**

Drainase alamiah terbentuk melalui proses alamiah yang berlangsung lama. Saluran drainase terbentuk akibat gerusan air sesuai dengan kontur tanah. Drainase alamiah ini terbentuk pada kondisi tanah yang cukup kemiringannya, sehingga air akan mengalir dengan sendirinya, masuk ke sungai-sungai.

b) Drainase buatan (artificial drainage)

Drainase buatan adalah system yang dibuat dengan maksud tertentu dan merupakan hasil rekayasa berdasarkan hasil hitung hitungan yang dilakukan untuk upaya penyempurnaan atau melengkapi kekurangan system drainase buatan memerlukan biaya baik pada perencanaannya maupun pada pembuatannya.

### **2.3.2 Drainase Berdasarkan Sistem Pengalirannya**

Drainase berdasarkan dari system pengalirannya, dapat dikelompokkan menjadi:

a) Drainase dengan system jaringan

Drainase dengan system jaringan adalah suatu system pengeringan pengaliran air pada suatu kawasan yang dilakukan dengan mengalirkan air melalui system tata saluran dengan bangunan bangunan pelengkapanya.

b) Drainase dengan system resapan

Drainase dengan system resapan adalah system pengaliran atau pengeringan air yang dilakukan dengan meresapkan air kedalam tanah. Cara resapan ini dapat dilakukan langsung terhadap genangan air dipermukaan tanah ke dalam

tanah atau melalui sumuran/saluran resapan. Sistem resapan ini sangat menguntungkan bagi usaha konversi air.

### 2.3.3 Drainase Berdasarkan Tujuan/Sasarannya

Tanah perlu dikeringkan berdasarkan beberapa tujuannya. Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari tujuan pembuatannya, dapat dikelompokkan menjadi:

a) Drainase perkotaan

Drainase perkotaan adalah pengeringan atau pengaliran air dari wilayah wilayah perkotaan tersebut tidak digenangi air.

b) Drainase daerah pertanian

Drainase daerah pertanian adalah pengeringan atau pengaliran air di daerah pertanian baik persawahan maupun daerah sekitarnya yang bertujuan untuk mencegah kelebihan air agar pertumbuhan tanaman tidak terganggu.

c) Drainase lapangan terbang

Drainase lapangan terbang adalah pengeringan atau pengaliran air di kawasan lapangan terbang terutama pada *run way* (landasan pacu) dan *taxi way* sehingga kegiatan penerbangan baik *take off*, *landing* maupun *taxing* tidak terhambat. Pada lapangan terbang drainase juga bertujuan untuk keselamatan terutama pada saat *landing* dan *take off* yang apabila tergenang air dapat mengakibatkan tergelincirnya pesawat terbang.

d) Drainase jalan raya

Drainase jalan raya adalah pengeringan pengaliran air dipermukaan jalan raya untuk menghindari kerusakan pada badan jalan dan menghindari kecelakaan

lalu lintas. Drainase jalan raya biasanya berupa saluran kiri-kanan jalan serta gorong-gorong yang melintas di bawah badan jalan.

e) Drainase jalan kereta api

Drainase jalan kereta api adalah pengeringan pengaliran air di sepanjang jalur rel kereta api yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada jalur rel kereta api.

### **2.3.4 Drainase Berdasarkan Tata letaknya**

Tata letak system harus memenuhi criteria perkotaan dan memiliki kemungkinan untuk perluasan system. Di dalam peraktek harus diperhitungkan segi hidrolis dan tata letak dalam kaitan mencegah tumpang tindih dengan prasarana lain. Stabilitas system harus menjamin, baik dari segi structural maupun keawetan system serta kemudahan O & P (Operasional dan Pemeliharaannya).

Jenis drainase jika ditinjau dari segi letaknya dapat dikelompokkan menjadi:

a) Drainase permukaan tanah

Drainase permukaan tanah adalah system drainase yang salurannya berada diatas permukaan tanah yang pengaliran air terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran.

b) Drainase bawah permukaan tanah

Drainase bawah permukaan tanah adalah system drainase yang dialirkan dibawah tanah(ditanam) pada suatu areal yang tidak memungkinkan untuk mengalirkan air diatas permukaan tanah seperti pada lapangan olahraga, lapangan terbang, taman dan lainnnya.

### **2.3.5 Drainase berdasarkan fungsinya**

Jenis Drainase ditinjau berdasarkan fungsinya dapat dikelompokkan menjadi:

a) Drainase single purpose

Drainase single purpose adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan misalnya air hujan atau limbah atau lainnya.

b) Drainase multi purpose

Drainase multi purpose adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan lebih dari satu air buangan baik secara bercampur maupun bergantian misalnya campuran air hujan dan air limbah.

### **2.4 Kriteria Teknis dalam Pembuatan Saluran**

Untuk merencanakan dan melaksanakan dimensi saluran drainase, kriteria teknis saluran drainase untuk air hujan dan limbah perlu diperhatikan agar saluran drainase tersebut dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Kriteria teknis saluran drainase tersebut adalah sebagai berikut:

a. Kriteria teknis drainase air hujan:

1. Muka air rencana lebih rendah dari muka tanah yang akan dilayani
2. Aliran berlangsung cepat, namun tidak menimbulkan erosi
3. Kapasitas saluran membesar searah aliran

b. Kriteria teknis saluran drainase air limbah

1. Muka air rencana lebih rendah dari muka tanah yang akan dilayani
2. Tidak mencemari kualitas air sepanjang lintasannya

3. Tidak mudah dicapai oleh binatang yang dapat menyebabkan penyakit
4. Ada proses pengenceran atau pengelontoran sehingga kotoran yang ada dapat terangkut secara cepat sampai ketempat pembuangan akhir
5. Tidak menyebabkan bau atau mengganggu estetika.

Terutama dalam merencanakan pembuangan air hujan,perlu diketahui adalah banyak air hujan yang jatuh atau debit curah hujan,dan air hujan yang mengalir ke saluran saluran pembuang atau debit pengaliran air hujan.

Air hujan yang mengalir di permukaan tanah dan di tampung di selokan-selokan pembuang,tidak sama dengan jumlah air hujan yang jatuh,karena ada yang meresap (infiltrasi) ke dalam tanah,yang menguap (evaporasi) dan sebagainya.Jadi perlu dilakukan pengukuran hujan dan penentuan koefisien pengaliran dari tanah permukaan.

Hujan dibedakan dalam:

1. Hujan rintik-rintik
2. Hujan sedang
3. Hujan lebat

Hujan yang diperhitungkan dalam perencanaan drainase adalah hujan lebat

## **2.5 Penyebab Banjir**

Berdasarkan pengamatan,bahwa banjir disebabkan oleh dua katagori yaitu banjir akibat alami dan banjir akibat aktivitas manusia.Banjir akibat alami dipengaruhi oleh curah hujan,fisiografi,erosi dan sedimentasi,kapasitas sungai,kapasitas drainage dan pengaruh air pasang.Sedangkan banjir akibat aktivitas manusia disebabkan karena ulah manusia yang menyebabkan perubahan-perubahan

lingkungan seperti : perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai,kawasan pemukiman disekitar bantaran,rusaknya drainase lahan,kerusakan bangunan pengendali banjir,rusaknya hutan,dan perencanaan system pengendalian banjir yang tidak tepat.

### **2.5.1. Penyebab Banjir Secara Alami**

#### **a. Curah Hujan**

Oleh karena beriklim tropis,Indonesia mempunyai dua musim sepanjang tahun,yakni musim penghujan umumnya terjadi antara bulan Oktober-Maret dan musim kemarau terjadi antara bulan April-September.Pada musim hujan,curah hujan yang tinggi berakibat banjir di sungai dan bila melebihi tebing sungai maka akan timbul banjir atau genangan.

#### **b. Pengaruh Fisiografi**

Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk,fungsi dan kemiringan daerah aliran sungai (DAS),kemiringan sungai,geometric hidrolis (bentuk penampang seperti lebar,kedalaman,potongan memanjang,material dasar sungai),lokasi sungai dan lain-lain merupakan hal-hal yang mempengaruhi terjadinya banjir.

#### **c. Erosi dan Sedimentasi**

Erosi di DAS berpengaruh terhadap pengurangan kapasitas penampang sungai. Erosi menjadi problem klasik sungai-sungai di Indonesia. Besarnya sedimentasi akan mengurangi kapasitas saluran sehingga timbul genangan dan banjir di sungai.Sedimentasi juga merupakan masalah besar pada sungai-sungai di Indonesia.

d. Kapasitas Sungai

Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat disebabkan oleh pengendapan berasal dari erosi DAS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan. Sedimentasi sungai terjadi karena tidak adanya vegetasi penutup dan adanya penggunaan lahan yang tidak tepat, sedimentasi ini menyebabkan terjadinya aggradasi dan pendangkalan pada sungai, hal ini dapat menyebabkan berkurangnya kapasitas tampungan sungai.

e. Kapasitas Drainase yang tidak memadai

Sebagian besar kota-kota di Indonesia mempunyai drainase daerah genangan yang tidak memadai, sehingga kota-kota tersebut sering menjadi langganan banjir di musim hujan.

### **2.5.2 Penyebab banjir akibat aktifitas manusia**

Adapun penyebab banjir akibat aktifitas manusia adalah sebagai berikut :

a. Perubahan kondisi DAS seperti penggundulan hutan, usaha pertanian yang kurang tepat, perluasan kota, dan perubahan tata guna lainnya dapat memperburuk masalah banjir karena meningkatnya aliran banjir. Dari persamaan-persamaan yang ada, perubahan tata guna lahan berkontribusi besar terhadap naiknya kuantitas dan kualitas banjir.

b. Kawasan kumuh dan Sampah

Perumahan kumuh di sepanjang bantaran sungai dapat menjadi penghambat aliran. Masalah kawasan kumuh ini menjadi faktor penting terjadinya banjir di daerah perkotaan.

## 2.6 Perhitungan Kapasitas Drainase

Menurut Suripin, Kapasitas rencana saluran diperhitungkan dengan menggunakan rumus Manning, yang merupakan dasar dalam menentukan dimensi saluran, yaitu sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (\text{m/det})$$

$$Q = V \cdot A_s \quad (\text{m}^3/\text{det})$$

$$R = \frac{A_s}{P} \quad (\text{m})$$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran rata-rata dalam saluran (m/det)

n = Koefisien kekasaran Manning (Lampiran- )

R = Radius Hidrolisis (m)

S = Kemiringan Salura ( lampiran- )

$A_s$  = Luas penampang basah saluran ( $\text{m}^2$ )

P = Keliling Basah basah saluran (m)

Q = Debit aliran ( $m^3/det$ )

Penurunan rumus perhitungan luas penampang basah saluran (F) :

$$A_s = (B+m.h).h$$

Keterangan :

B = Lebar dasar saluran (m)

m = perbandingan kemiringan mining

h = Ketinggian saluran (m)

Penurunan rumus perhitungan keliling basah saluran (P) :

$$P = B + 2.h \sqrt{1 + m^2}$$

Keterangan :

B = Lebar dasar saluran (m)

m = Perbandingan kemiringan dinding saluran ( lampiran -)

h = Ketinggian saluran (m)

Menurut Haryono (1999), Ilmu Drainase adalah suatu ilmu tentang pengeringan tanah. Drainase berasal dari kata to drain yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air dan merupakan terminologi yang digunakan untuk menyatakan sistem sistem yang berkaitan dengan penanganan masalah kelebihan air, baik diatas maupun di bawah permukaan tanah. Pengertian drainase tidak terbatas pada teknik pembuangan air yang berlebihan namun lebih luas lagi menyangkut keterkaitannya dengan aspek kehidupan yang berada di kawasan yang berada di perkotaan. Semua hal yang menyangkut kelebihan air yang menyangkut di kawasan kota sudah pasti dapat menimbulkan permasalahan yang cukup kompleks. Dengan semakin kompleksnya permasalahan drainase perkotaan maka di dalam perencanaan dan pembangunannya tergantung pada kemampuan masing masing perencana. Dengan demikian di dalam proses pekerjaannya memerlukan kerjasama dengan beberapa ahli di bidang lain yang terkait.

Menurut sumber dari Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2002) ada beberapa sarana penunjang bangunan drainase yaitu :

1. Lubang air pada dinding (*wheel hole*) yaitu lubang yang berfungsi untuk mengalirkan air resapan yang berasal dari tanah sekitar saluran drainase sehingga tanah tidak menjadi berlumpur atau becek.
2. Lubang air pada trotoar (*street inlet*) yaitu lubang yang berfungsi untuk mengalirkan air yang berasal dari jalan (aspal) sekitar saluran drainase sehingga jalan (aspal) tidak terjadi genangan air/banjir.

3. Saringan sampah kasar (*bar screen*) yaitu saringan sampah yang diletakan sebelum terdapatnya kantung lumpur/pasir sehingga sampah yang mempunyai ukuran besar tidak dapat masuk kedalam kantung lumpur/pasir.
4. Saringan sampah halus (*fine screen*) yaitu saringan sampah yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pada ukuran saringan sampah kasar dan diletakan sesudah terdapatnya kantung lumpur/pasir tepatnya pada pangkal gorong-gorong (*box culvert*)
5. Penutup atas parit (*cover slab*) yaitu beton struktur (bertulang) yang diletakan diatas bangunan drainase. Umumnya penutup parit ini digunakan pada daerah perkotaan, hal ini disebabkan karena keterbatasan lahan untuk pembuatan trotoar (pedestrian).
6. Lubang control (*cover grill*) yaitu lubang yang terbuat dari besi yang menggunakan pintu dan berengsel, sehingga dapat dibuka dan ditutup untuk mengontrol keadaan drainase.
7. Kantung lumpur/pasir (*sand trap*) yaitu suatu drainase dimana konstruksinya lebih dalam dari pada dasae drainase lainnya. Hal ini bertujuan sebagai tangkapan pasir (lumpur) pada drainase agar pasir (lumpur) tidak masuk kedalam gorong-gorong (*box culvert*).

Menurut Maryono (2000) pada daerah perkotaan konsep drainase konvensional atau drainase ramah lingkungan sering dilakukan, dimana dalam konsep drainase konvensional seluruh air hujan yang jatuh di suatu wilayah harus secepatnya di buang ke sungai dan seterusnya mengalir ke laut. Konsep drainase konvensional untuk

pemukiman atau perkotaan di buat dengan cara membuat saluran-saluran lurus terpendek menuju sungai. Jika semua air hujan dialirkan secepat-cepatnya ke sungai tanpa diupayakan agar air mempunyai waktu cukup untuk meresap ke dalam tanah.

Selanjutnya menurut Maryono (2000) system drainase perkotaan dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam sistem dan ditambah dengan system pengendalian banjir, system tersebut adalah :

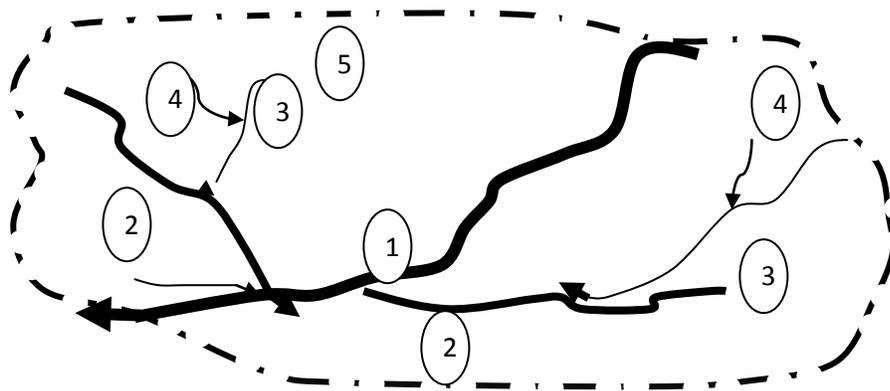
a. Sitem jaringan drainase utama (*Major urban drainage system*)

Sistem jaringan drainase utama ini berfungsi mengumpulkan aliran air hujan dari minor drainase system untuk diteruskan ke badan air atau ke flood control.

b. Drainase local (*Minor urban drainage*)

Drainase local adalah jaringan drainase yang melayani bagian-bagian khusus perkotaan seperti kawasan real estate, kawasan komersial, kawasan industry, kawasan perkampungan, kawasan kompleks-komplek, perumahan dan lain-lain.

c. Struktur saluran : Secara hirarki drainase perkotaan mulai dari yang paling hulu akan terdiri dari : saluran Kwarter/saluran kolektor jaringan drainase local, saluran tersier, saluran sekunder dan saluran primer.(ilustrasi dapat di lihat gambar 2.1)



(Gambar 2.1. Struktur Drainase)

Keterangan :

1. Saluran Primer
2. Saluran Sekunder
3. Saluran Tersier
4. Kuarter
5. Batas Daerah Pengaliran

Menurut haryono (1999), ada beberapa kegunaan drainase, selain untuk pengeringan tanah atau menghambat terjadinya banjir, drainase dapat juga berfungsi untuk :

1. Pertanian
2. Bangunan

3. Kesehatan

4. Lanskap

1. Pertanian.

Tanah yang terlalu basah seperti rawa misalnya tidak dapat ditanami. Untuk dapat digunakan sebagai lahan pertanian, tanah rawa yang selalu basah perlu dikeringkan.

2. Bangunan

Untuk mendirikan bangunan (gedung, jalan dan lapangan terbang) di atas tanah yang basah perlu drainase, agar tanah menjadi kering dan daya dukung tanah menjadi bertambah sehingga dapat mendukung beban bangunan di atasnya.

3. Kesehatan

Tanah yang digenangi air dapat menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk, sehingga perlu dikeringkan dengan sistem jaringan drainase. Pada tanah kering telur pada larva nyamuk tidak hidup. Sedangkan dari ilmu kesehatan gas-gas yang terdapat di rawa seperti gas metana tidak baik untuk kesehatan, sehingga tanah sekitar pemukiman perlu dikeringkan.

4. Lanskap

Untuk pemandangan yang baik, tanah basah atau berair harus dikeringkan, sehingga dapat ditanami rumput dan tanaman-tanaman hias lainnya.

Menurut SURIPIN (2004), pengaliran air di dalam drainase perkotaan disebabkan terutama oleh limbah rumah tangga dan hujan. Tetapi yang paling dominan yang mengakibatkan banjir adalah air hujan. Jatuhnya hujan di suatu daerah, baik menuet waktu maupun pembagian geografisnya tidak tetap melainkan berubah-ubah. Bila hujan yang jatuhnya deras/lebih lama dan lebih besar dari kapasitas infiltrasi dan kapasitas intersepsi, semakin besar pula aliran melalui permukaan tanah, maka kelebihan aliran permukaan tanah lebih besar, saluran drainase dan sungai tidak dapat menampung saluran air yang datang karena telah terisi penuh dan terjadi luapan air. Dalam perencanaan bangunan air, masalahnya adalah berapakah besar debit air yang disalurkan melalui bangunannya. Jika yang disalurkan itu adalah debit suatu saluran pembuangan atau sungai, maka besarnya debit tidak tertentu dan berubah-ubah karena adanya banjir. Debit banjir ini disebut debit banjir rencana, yaitu banjir yang dipakai sebagai dasar untuk perhitungan ukuran bangunan saluran drainase yang direncanakan. Debit banjir rencana itu sudah tentu tidak boleh diambil terlalu kecil, sebab jika sewaktu waktu terjadi banjir maka bangunan tersebut akan terancam keamanannya. Sebaliknya debit banjir rencana juga tidak boleh diambil terlalu besar, dan mungkin dapat melampaui batas-batas ekonomis yang dapat dipertanggung jawabkan.

Selanjutnya menurut haryono (1999), mengatakan bahwa penggolongan jenis aliran berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai perubahan ruang dan waktu dibagi 2 yaitu :

1. Aliran tunak (stedy flow)
2. Aliran tidak lunak (unsteady flow)

1. Aliran tunak (*stedy flow*)

Aliran tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk selang waktu tertentu.

Aliran tunak diklafikasikan menjadi :

- a. Aliran seragam (*uniform flow*)

Aliran saluran terbuka dikatakan seragam apabila kedalam air sama pada setiap penampang saluran.

- b. Aliran berubah (*varied flow*)

Aliran saluran terbuka dikatakan berubah secara lambat apabila kedalam air berubah disepanjang saluran.

2. Aliran tidak tunak (*unsteady flow*)

Aliran tidak lunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tidak tetap untuk selang waktu tertentu.

Aliran tidak tunak diklafikasikan menjadi :

- a. Aliran seragam tidak tunak (*unsteady uniform flow*)

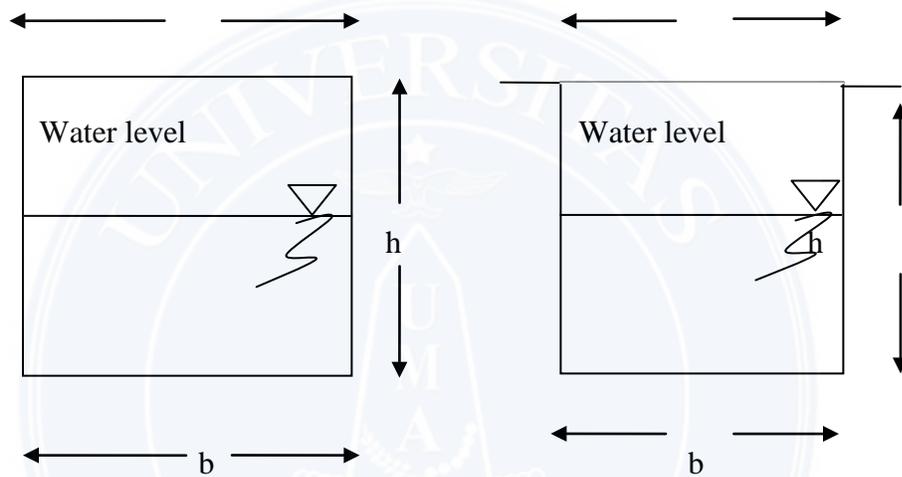
Aliran saluran terbuka dimana alirannya mempunyai permukaan yang berfluktuasi sepanjang waktu dan tetap sejajar dengan dasar saluran. Aliran seperti ini jarang ditemukan dilapangan.

- b. Aliran berubah tidah lunak (*unsteady varied flow*)

Aliran saluran terbuka dimana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang.

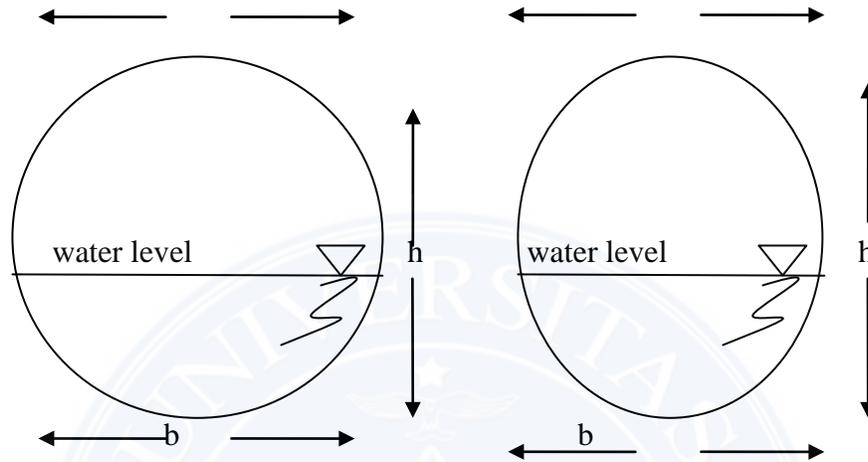
## 2.7 Bentuk-Bentuk Penampang Melintang Saluran Drainase

Haryono (1999), juga mengatakan ada beberapa macam bentuk penampang saluran drainase, dapat dilihat pada gambar (2.2, 2.3, 2.4)



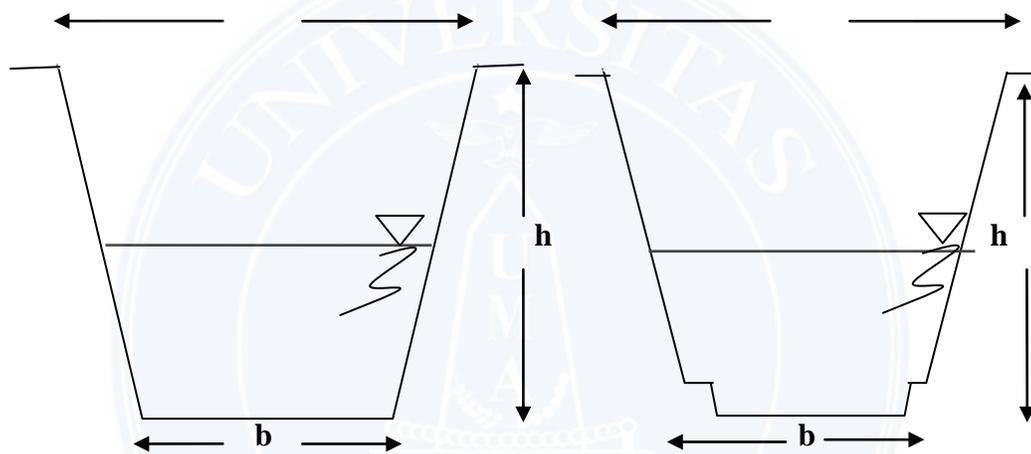
(Gambar 2.2. Bentuk Segi Empat Penampang Melintang Saluran Drainase)

(Sumber : Suripin)



(Gambar 2.3. Bentuk Bulat dan Oval Penampang Melintang Saluran Drainase)

(Sumber : Suripin)



(Gambar 2.4. Bentuk Trapesium Tersusun Penampang Melintang Saluran Drainase)

(Sumber : Suripin.)

## 2.8 Banjir

Menurut Suripin , genangan air/banjir pada umumnya terjadi akibat adanya hujan lebat dengan durasi lama sehingga meningkatkan volume air dan mempercepat

akumulasi aliran permukaan (run off) pada permukaan tanah. Akhir-akhir ini banjir terjadi dimana-mana, hal ini terjadi disebabkan oleh intensitas dan frekuensi curah hujan meningkat.

Berdasarkan Kajian menurut Suripin, ada beberapa metode pencegahan banjir perkotaan, yaitu :

- a. Metode kolam konservasi
- b. Metode riverside polder
- c. Metode sumbu peresapan
- d. Metode pengembangan areal perlindungan air tanah

- a. Metode kolam konservasi

Dalam metode ini dilakukan dengan membuat kolam-kolam air, baik di perkotaan, pemukiman, pertanian atau perkebunan. Kolam konservasi ini dibuat untuk penampung air hujan terlebih dahulu, diserapkan dan sisanya dapat dialirkan ke sungai secara perlahan-lahan. Kolam konservasi dapat dibuat dengan memanfaatkan daerah-daerah bekas galian pasir atau galian material lainnya, atau secara ekstra di buat dengan menggali suatu areal atau bagian tertentu.

- b. Metode riverside polder

Metode menahan air dengan mengelola/menahan kelebihan air (hujan) di sepanjang bantaran sungai. Pembuatan polder pinggir sungai ini dilakukan dengan memperlebar bantaran sungai di berbagai tempat secara selektif di

sepanjang sungai. Lokasi polder perlu dicari, sejauh mungkin polder yang dikembangkan mendekati kondisi alamiah, dalam arti bukan polder dengan pintu-pintu hidrolik teknis dan tanggul-tanggul lingkaran hidraulis yang mahal. Pada saat muka air naik (banjir), sebagian air akan mengalir ke polder dan akan keluar jika banjir reda, sehingga banjir di bagian hilir dapat di kurangi dan konservasi air terjaga.

c. Metode sumur resapan

Metode ini merupakan metode praktis dengan cara membuat sumur-sumur untuk mengalirkan air hujan yang jatuh pada atap perumahan atau kawasan tertentu. Sumur resapan ini juga dapat dikembangkan pada areal olah raga dan wisata. Perlu diketahui bahwa sumur resapan ini dikhususkan untuk air hujan dan tidak boleh memasukkan air limbah rumah tangga.

d. Metode pengembangan areal perlindungan tanah

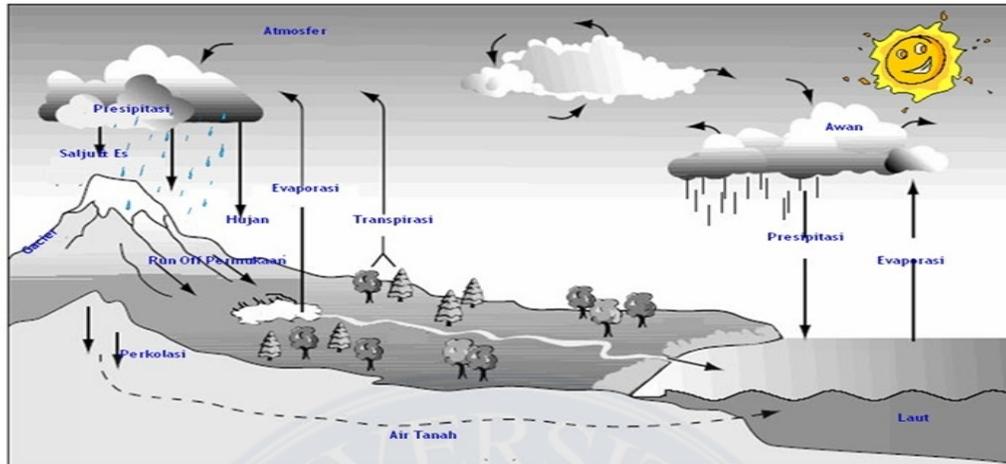
Metode ini dilakukan dengan cara menetapkan kawasan lindung untuk air tanah, dimana di kawasan tersebut tidak boleh dibangun apapun. Areal tersebut dikhususkan untuk untuk meresapkan air hujan kedalam tanah.

## 2.9 Siklus Hidrologi

Di bumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3 – 1,4 milyar km<sup>2</sup> air : 97,5% adalah air laut, 1,75% berbentuk es dan 0,73 berada di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. Hanya 0,001% berbentuk uap di udara. Air di bumi ini mengulangi terus – menerus sirkulasi – penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (outflow).

Gambaran mengenai siklus hidrologi dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini :

## 5 Siklus Hidrologi



(Gambar 2.5 siklus hidrologi)

Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan air laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuhan – tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah.

Sebagian air hujan yang tiba ke permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah – daerah yang rendah, masuk ke sungai – sungai dan akhirnya ke laut. Tidak semua butir yang mengalir akan tiba ke laut. Dalam perjalanan ke laut sebagian akan menguap dan kembali ke udara. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai – sungai

(disebut aliran intra = interflow ). Tetapi sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (ground water) yang akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah \_ daerah yang rendah (disebut ground water run off = limpasan air tanah).

Jadi sungai itu mengumpulkan 3 jenis limpasan, yaitu limpasan permukaan (surface run off), aliran intra (interflow) dan limpasan air tanah (ground water run off) yang akhirnya akan mengalir ke laut. Singkatnya ialah : uap dari laut dihembus ke daratan (kecuali bagian yang telah jatuh sebagai presipitasi ke laut), jatuh ke daratan sebagai presipitasi ( sebagian jatuh langsung ke sungai – sungai dan mengalir langsung ke laut). Sebagian dari hujan atau salju yang jatuh didaratan menguap dan meningkatkan kadar uap air di daratan. Bagian yang lain mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut.

## **2.10 HUJAN**

Hujan adalah jatuhnya hydrometeor yang berupa partikel \_ partikel air dengan diameter 0,5 mm atau lebih. Jika jatuhnya sampai ke tanah maka disebut hujan, akan tetapi apabila jatuhnya tidak dapat mencapai tanah karena menguap lagi maka jatuhnya tersebut disebut Virga. Hujan juga dapat didefinisikan dengan uap yang mengondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses hidrologi. Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari awan yang terdapat di atmosfer. Bentuk presipitasi lainnya adalah salju atau es. Untuk dapat terjadinya hujan diperlukan titik-titik kondensasi ini mempunyai sifat dapat mengambil uap air

dari udara. Satuan curah hujan slalu dinyatakan dalam satuan millimeter atau inchi namun untuk di Indonesia satuan curah hujan yang digunakan dalah dalam satuan millimeter.

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan 1 milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena berdampak dapat menimbulkan banjir, longsor dan efek negative terhadap tanaman.

Hujan merupakan unsure fisik lingkungan yang paling beragam baik menurut waktu maupun tempat dan hujan juga merupakan factor penentu serta factor pembatas bagi kegiatan pertanian secara umum. Oleh karena itu klasifikasi iklim untuk wilayah Indonesia (Asia Tenggara umumnya) seluruhnya dikembangkan dengan menggunakan curah hujan sebagai criteria utama. Bayong (2004) mengungkapkan bahwa dengan adanya hubungan sistematik antara unsur iklim dengan pola tanam dunia telah melahirkan pemahaman baru tentang klasifikasi iklim, dimana dengan adanya kolerasi antar tanaman dan unsur suhu atau presipitasi menyebabkan indeks suhu atau presipitasi dipakai sebagai criteria dalam pengklasifikasian iklim.

Analisis dan desain hidrologi tidak hanya memerlukan volume atau ketinggian hujan, Tetapi juga distribusi hujan terhadap tempat dan waktu. Distribusi

hujan terhadap waktu disebut histogram. Dengan kata lain, Histogram adalah grafik intensitas atau ketinggian hujan terhadap waktu, Kejadian hujan dapat dipisahkan menjadi dua group, yaitu hujan actual dan hujan rencana. Kejadian hujan actual adalah rangkaian data pengukuran di stasiun hujan selama periode tertentu. Hujan rencana adalah histogram hujan yang mempunyai karakteristik terpilih. Hujan rencana bukan kejadian hujan yang di ukur secara actual dan kenyataannya, hujan yang identik dengan hujan rencana tidak pernah dan tidak akan pernah terjadi. Namun demikian, kebanyakan hujan rencana mempunyai karakteristik yang secara umum sama dengan karakteristik hujan yang terjadi pada masa lalu. Dengan demikian menggambarkan karakteristik umum kejadian hujan yang diharapkan terjadi pada masa mendatang.

Karakteristik hujan yang perlu di tinjau dalam analisis dan perencanaan hidrologi yang meliputi :

- a) Intensitas  $I$ , adalah laju hujan = tinggi air persatuan waktu, misalnya mm/menit, mm/jam atau mm/hari.
- b) Lama waktu (durasi)  $t$ , adalah panjang waktu dimana hujan turun dalam menit atau jam.
- c) Tinggi hujan  $d$ , adalah jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan dan, dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar, dalam mm.
- d) Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (return period)  $T$ , misalnya sekali dalam 2 tahun

e) Luas adalah luas geografis daerah sebaran hujan.

Secara kualitatif, intensitas curah hujan disebut juga derajat curah hujan, sebagaimana diperlihatkan pada lampiran-1 (Tabel 2.1).

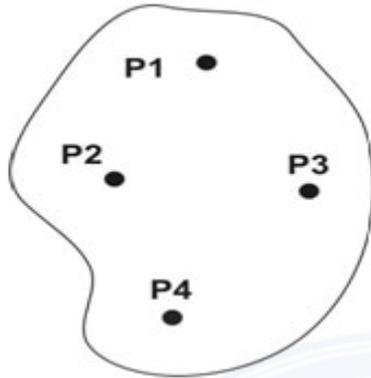
### **2.11 Analisis Curah Hujan**

Dalam Pembuatan Rancangan dan rencana adalah distribusi curah hujan pada wilayah atau areal yang diamati.. Data curah hujan adalah data curah hujan selama 10 tahun, yang diperoleh dari stasiun Klimatologi Sampali kota Medan yang berdekatan dengan lokasi pengamatan.

Ada tiga metode yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata daerah yaitu :

- 1) Metode rata-rata Al-jabar
- 2) Metode polygon thiessen, dan
- 3) Metode isohiet

## 1. Metode rata-rata Aljabar



$$\bar{P} = \frac{P1 + P2 + P3 + P4}{4} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

$\bar{P}$  = hujan rata-rata

P1; P2; P3; P4 = tebal hujan stasiun 1,2,3,4.

(Gambar 2.6 Metode rata-rata Aljabar)

Merupakan yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/hamper merata, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan berikut,

$$R=1/n$$

$$(R1+R2+R3\dots(Rn)\dots\dots\dots(2.1)$$

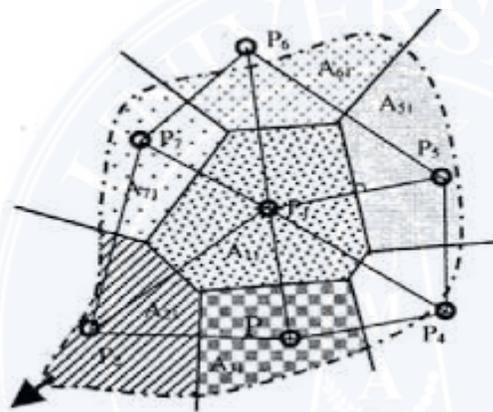
Di mana,

$R$  = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

$n$  = Jumlah pos penakar hujan

$R_1, R_2, R_3$  = Curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan (mm).

### 1. Metode Poligon Thiessen



(Gambar 2.7 Metode Poligon Thiessen)

Metode ini dikenal sebagai metode rata – rata timbang (weighted mean ). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidak seragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis – garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat (gambar 2.3). Diasumsikan bahwa fariasi hujan antara pos satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat.

Hasil metode poligon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata – rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5.000 km<sup>2</sup> , dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah – langkah sebagai berikut :

- a) Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
- b) Tarik garis tegak lurus ditengah – tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen (gambar 2.4). Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat. Dengan pos penakar yang ada dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
- c) Luas areal pada tiap – tiap poligon dapat diukur dengan plainimeter dan luas total DAS, A, dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
- d) Hujan rata – rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$\bar{P} = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

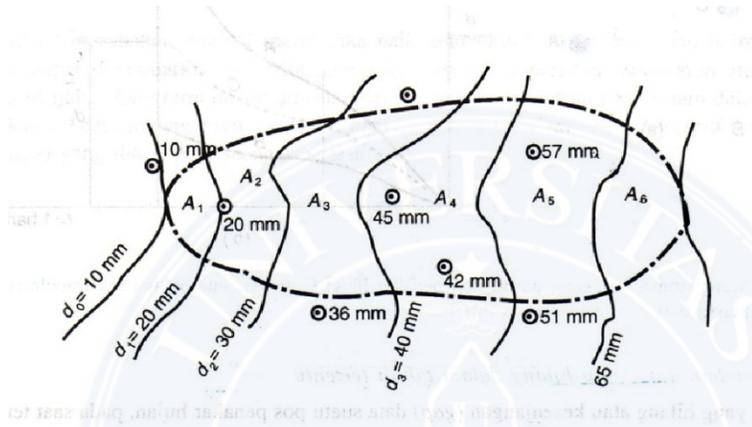
Keterangan :

- $\bar{P}$  = Curah hujan rerata tahunan (mm)  
 N = Jumlah pos penakar hujan

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = Curah hujan yang tercatat pada pos 1, 2, ..., n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pada poligon 1, 2, ..., n ( $\text{km}^2$ )

## 2. Metode Isohiet



(Gambar 2.8 Metode isohiet)

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara actual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang secara membabi buta menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi.

- Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
- Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interfal Isohiet yang umum dipakai adalah 10 mm.

- c) Hitung luas area antara dua garis Isohiet dengan menggunakan Plainimeter. Kalikan masing-masing luas daerah dengan rata-rata hujan antara dua Isohiet yang berdekatan.

Hitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut :

$$\bar{P} = \frac{A_1 \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left( \frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left( \frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Atau

$$\bar{P} = \frac{\sum \left[ A \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Di mana,

- $\bar{P}$  = Curah hujan rata – rata (mm)
- $P_1, P_2, \dots, P_n$  = Curah hujan yang tercatat pada pos 1, 2, \dots, n (mm)
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas bagian yang dibatasi oleh garis Isohiet (km<sup>2</sup>).

Metode Isohiet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km<sup>2</sup>.

**2.12 Analisis Frekuensi dan probalitas**

Cara memperkirakan untuk mendapat frekuensi kejadian curah hujan dengan intensitas tertentu yang digunakan dalam perhitungan pengendalian banjir, rancangan

drainase dan lain-lain adalah hanya dengan menggunakan data pengamatan yang lalu. jika data pada sebuah pengamatan itu lebih dari 20 tahun, maka frekuensi atau perkiraan data hidrologi itu dapat diperoleh dengan cara perhitungan kemungkinan.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. sebaliknya, kala-ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. misalnya, hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian hujan 10 tahunan. ada kemungkinan selama kurun waktu 10 tahun terjadi hujan 10 tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali. secara sistematis metode analisis frekuensi untuk perhitungan hujan rencana dapat dilakukan secara berurutan sebagai berikut:

- a) Parameter statistik
- b) Pemilihan jenis metode untuk menentukan hujan rata-rata daerah
- c) Pemilihan jenis sebaran (distribusi)
- d) Penggambaran data curah hujan ke kertas probalitas.

### **2.13 Parameter Statistik**

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ), deviasi standart ( $S_d$ ), koefisien variasi ( $C_v$ ), koefisien

kemiringan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck). sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut:

$$X = \sum \frac{Rx}{n}; Sd = \sqrt{\frac{\sum (Xi - X)}{n-1}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Cv = \frac{Sd}{x} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \{(Xi) - \bar{X}\}}{(n-1)(n-2)Sd} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(Xi) - \bar{X}\}}{Sd} \dots\dots\dots(2.8)$$

Di mana,

X = tinggi hujan maksimum harian rata rata selama n tahun (mm)

$\sum X$  = jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun (mm)

$X_i$  = besarnya curah hujan daerah (mm)

n = jumlah n tahun pencatatan data hujan

Sd = Deviasi standar

Cv = koefisien variasi

Cs = koevisien kemiringan(*skewness*)

Ck = koevisien kurtosis

Lima para meter statistik diatas akan me nentukan jenis metode yang akan digunakan dalam analisis frekuensi.

## 2.14 Pemilihan Jenis Untuk Menentukan Hujan rata-rata Daerah

Lepas dari kelebihan dan kelemahan ketiga metode tersebut diatas ,pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut.

### a) Jaringan-jaringan pos penakar hujan

Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode isohiet, thiessen atau rata-rata aljabar dapat dipakai
Jumlah pos penakaran hujan terbatas	Metode rata-rata aljabar atau thiessen
Pos penakaran hujan tunggal	Metode titik hujan
<b>b) Luas DAS</b>	
DAS besar (>5000 km <sup>2</sup> )	Metode isohiet
DAS sedang (500-5000 km <sup>2</sup> )	Metode thiessen
DAS kecil (>500 km <sup>2</sup> )	Metode rata rata aljabar
<b>C. Topografi DAS</b>	
Perjuangan	Metode rata rata aljabar
Daratan	Metode thiessen
Berbakti dan tidak beraturan	Metode isohiet

## 2.15 Analisis jenis sabaran (distribusi).

Penentuan jenis distribusi yang dapat digunakan untuk analisis frekuensi dapat dilakukan dengan tiga jenis sebaran (distribusi) yang bnyak dilakukan dalam bidang hidrologi,yaitu:

- 1) Distribusi log normal
- 2) Distribusi log pearson –Tipe III,dan
- 3) Distribusi gumbel

### 1. Distribusi Log Normal

Metode distribusi log normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus,sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematika persamaan sebagai berikut(soemarno,1995)

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd \dots\dots\dots(2.9)$$

Di mana,

$X_T$  = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang  
T tahun(mm)

$X$  = Curah hujan rata-rata(mm)

$Sd$  = Deviasi standar nilai variat

Ditunjukkan pada lampiran -1 Table 2.2 dan Table 2.3

### 2. Distribusi Log pearson-Tipe III

Metode distribusi log pearson-Tipe III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematika dengan persamaan sebagai berikut (soemarto, 1999)

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd_{LogX} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana,

$X_T$  = Nilai logaritmik dari X atau LogX

X = Curah hujan (mm)

Sd LogX = deviasi standar nilai LogX

$K_T$  = Karakteristik distribusi peluang Log perseon berdasarkan (Cs)T tahun-Tipe III, (dilihat dari lampiran -3 Table 2.4)

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- a) Mengubah data curah hujan sebanyak n buah  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  menjadi Log ( $X_1, \text{Log}(X_2), \text{Log}(X_3), \dots, \text{Log}(X_n)$ )
- b) Menghitung harga rata ratanya dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}(X_i)}{n} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana,

LogX = harga rata rata logaritmik

n = jumlah data

$X_i$  = nilai curah hujan tiap tiap tahun (mm)

- c) Menghitung harga deviasi standarnya dengan rumus sebagai berikut:

$$Sd_{Log\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i)Log\bar{X}\}^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana,

Sd LogX = deviasi standar

LogX = harga rata rata logaritmik

n = jumlah data

X<sub>i</sub> = nilai curah hujan tiap-tiap tahun (mm)

d) Menghitung koefisien skewness (Cs)dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i)Log\bar{X}\}^3}{(n-1)(n-2)S_{dLog\bar{X}}^3} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana,

Cs = koefisien skewness

LogX = harga rata rata logaritmik

n = jumlah data

X<sub>1</sub> = Nilai curah hujan tiap tiap tahun (mm)

e) Menghitung logaritma hujan rencana dengan priode ulang T tahun dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LogX_T = Log\bar{X} + G \cdot Sd_{LogX} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana,

$X_T$  = Curah hujan rencana periode ulang T tahun(mm)

$\overline{\text{Log}X}$  = Harga rata-rata logaritmik

G = Harga yang diperoleh berdasarkan nilai Cs yang didapat ,seperti

Ditunjukkan pada lampiran -3 Table 2.4

$Sd \text{Log}X$  = Deviasi standar nilai  $\text{Log}X$

f) Menghitung koefisiens kurtosis ( $C_k$ ) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\text{Log}X}\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd_{\text{Log}X}^4} = \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana,

$C_k$  = koefisien kurtosis

$\overline{\text{Log}X}$  = Harga rata-rata logaritmik

N = jumlah data

$Sd \text{Log}X$  = Deviasi standart nilai  $\text{Log}X$

g) Menghitung koefisien variasi ( $c_v$ )dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_v = \frac{Sd_{\text{Log}X}}{\overline{\text{Log}X}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana,

$C_v$  = koefisien variasi

$\overline{\text{Log}X}$  = harga rata rata logaritmik

$Sd\overline{\text{Log}X}$  = deviasi standar

### 3. Distribusi Gumbel

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi gumbel digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut(soemarto,1999)

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n}(Y_T - Y_N) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(2.18)$$

Hubungan priode ulang T dan  $Y_T$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Y_T = -In \left[ -In \frac{T-1}{T} \right] \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana,

$X_T$  = nilai hujan rencana dengan data ukuran T tahun(mm)

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hujan (mm)

Sd = deviasi standar

$Y_T$  = nilai reduksi variat(*reducet variete*)dari variable yang diharapkan terjadi pada

Pada priode ulang T tahun,seperti ditunjukkan pada lampiran Table 2.7

$Y_n$  = nilai rata-rata reduksi variat (*reduce mean* )nilai tergantung dari jumlah data(n),

Seperti titunjukkan pada lampiran -5 Table 2.5

$S_n$  = deviasi standar dari reduksi variant (*reducet standard variation* )nilainya

Tergantung dari jumlah data(n),seperti ditunjukkn pada lampiran-5 Table 2.6

## 2.16 Ujian Keselarasan Distribusi

Untuk menjamin bahwa pendekatan empiris benar-benar bisa diwakili oleh kurva teoritis ,perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi,yang bisa dikenal sebagai *testing of goodness of fit*.ada dua jenis uji keselarasan yaitu ,uji keselarasan *chi square* dan *smirnov kolmogorof* .pada tes ini yang biasanya diamati adalah hasil tes yang diharapkan.

### 1. Uji Keselarasan Chi-Kuadrat

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas ,dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca didalam kelas tersebut ,atau dengan membandingkan nilai chi kuadrat kritis ( $X^2_{cr}$ ) .uji keselarasan chi kuadrat menggunakan rumus sebagai berikut (soewarno,1995)

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.20)$$

Di mana,

$X^2$  = Harga chi kuadrat terhitung

$O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

$N$  = Jumlah data

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai  $X^2$  hitung  $< X^2$  kritis. Nilai  $X^2$  dicari penyimpangannya dengan chi kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$Dk = K - (P+1) \dots\dots\dots(2.21)$$

di mana,

Dk = Derajat kebebasan

P = Nilai untuk distribusi Metode Gumbel,  $P=1$

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

- a) Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- b) Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- c) Apabila peluang lebih kecil dari 1% - 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

## 2. Uji Keselarasan Smirnov – Kolmogorof

Uji keselarasan Smirnov – Kolmogorof, sering juga disebut uji keselarasan non parametik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. prosedurnya adalah sebagai berikut.

Rumus yang dipakai adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{p_{\max}}{p_x} - \frac{p(xi)}{\Delta Cr} \dots\dots\dots(2.22)$$

- a) Urutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya atau tentukan besarnya nilai masing masing peluang dari nilai gambaran grafik data(persamaan distribusinya):

$$X_1 \rightarrow P'(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_M \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_n \rightarrow p'(X_2)$$

b) Berdasarkan table nilai kritis (*smirnov-kolmogorof test*) tentukan harga  $D_0$  seperti ditentukan pada lampiran-9 Table 2.9

## 2.17 Analisis debit banjir rencana

### 2.17.1 Metode Rasional

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode rasional USSCS (1973). metode ini sangat simple dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS –DAS

Dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha. karena model ini merupakan model kotak hitam, maka tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf. persamaan matematika metode rasional dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$Q_p = 0,002778 C.I.A \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana,

$Q_p$  = laju aliran permukaan (debit) puncak ( $m^3/detik$ )

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan

A = Luas DAS dalam hektar

**a. koefisien limpasan [C]**

koefisien ditetapkan sebagai rasio secepat maksimum pada aliran air pada daerah tangkapan hujan, koefisien ini merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. nilai C tergantung pada beberapa karakteristik dari daerah tangkapan hujan, yang termasuk didalamnya:

- 1) Relief atau kelandaian daerah tangkapan air hujan
- 2) Karakteristik daerah, seperti perlindungan vegetasi, tipe tanah, dan daerah kedap air
- 3) Storage atau karakteristik detention lainnya,

Besarnya aliran permukaan dapat menjadi kecil, terlebih bila curah hujan tidak melebihi kapasitas *infiltrasi*. selama hujan yang terjadi adalah kecil atau sedang, aliran permukaan hanya terjadi di daerah yang *impermeable* dan jenuh didalam suatu DAS atau langsung jatuh dibawah permukaan air. apabila curah hujan yang jatuh jumlahnya lebih besar dari jumlah air yang dibutuhkan untuk *evaporasi*, *intersepsi*, dan *infiltrasi*, simpanan depresi dan cadangan depresi, maka barulah bisa terjadi aliran permukaan. apabila hujan terjadi kecil, maka barulah bisa terjadi aliran permukaan. apabila hujan yang terjadi kecil, maka hampir semua curah hujan yang jatuh terintersepsi oleh vegetasi yang lebat.

Pada daerah dimana penggunaan lahan berubah-ubah, nilai dari koefisien limpasan yang digunakan harus mempertimbangkan pembangunan di daerah hulu, untuk daerah tangkapan air dimasa yang akan datang. hal ini sangat relevan pada situasi dimana daerah tangkapan air dipedesaan mungkin berkembang sebagai atau

seluruhnya menjadi daerah tangkapan hujan perkotaan selama dilakukan perencanaan pelayanan kesejahteraan hidup.

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu, bilangan yang menampilkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik atau suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0-1. Nilai C = 0 menunjukkan bahwa sama air hujan terintersepsi terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C = 1 menunjukkan bahwa air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Pada DAS yang baik harga C mendekati nol dan semakin rusak suatu DAS maka harga C semakin mendekati satu.

Nilai koefisien limpasan berdasarkan fungsi lahan menurut metode rasional disajikan pada lampiran-10 Table 2.10.

Koefisien pengaliran (C) tergantung dari beberapa faktor antara lain, jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk pengaliran sungai. Sedangkan besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat lampiran -12 Table 2.11.

Suripin (2004), menyatakan bahwa jika DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka C yang dipakai adalah koefisien DAS yang dapat dihitung persamaan berikut:

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana,

$A_i$  = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i

$C_i$  = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

n = Jumlah jenis penutup lahan

### **b.Intensitas Curah Hujan [I]**

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana dimana air tersebut berkonsentrasi .analisis intensitas curah hujan dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau.

#### 1. Menurut Dr.Mononobe

Rumus yang dipakai ialah:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[ \frac{24}{T_c} \right]^n \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana,

I = intensi curah huajan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

t = Lama curah hujan atau waktu konsentrasi hujan (jam)

n = Tetapan (untuk indonesia )diperkirakan  $n=2/3$

#### 2). Menurut Talbot

Rumus yang dipakai adalah

$$I = \frac{a}{(t+b)} \dots \dots \dots (2.25)$$

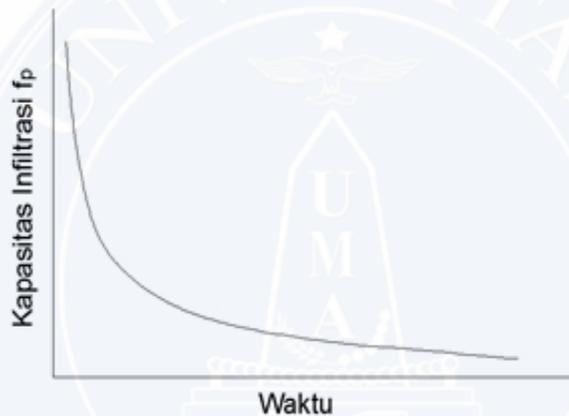
Dimana,

I = Intensi curah hujan(mm/jam)

n = Banyaknya pasangan data i dan t

t = Lama curah hujan ada waktu konsentrasi hujan(jam)

a,b = Konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi daerah aliran



**c. Waktu Konsentrasi [ $t_c$ ]**

waktu konsentrasi atau waktu tiba banjir merupakan elemen yang penting dalam penentuan debit banjir ,terutama lama penggunaan dalam rumus nasional ,perhitungan debit banjir itu dengan asumsi bahwa debit maksimum itu terjadi bila mana curah hujan pada titik terjauh dari daerah pengaliran telah tiba.jika perkiraan waktu tiba dari banjir mempunyai pengaruh besar pada perkiraan debit banjir,

perkiraan waktu konsentasi yang dapat digunakan rumus sebagai berikut:

a. Rumus yang digunakan di distrik bayern jerman:

$$t_c = \frac{L}{W} \dots\dots\dots 2.26)$$

dengan W:

$$W_1 = 72(H/L)^{0,6} \text{km/jam} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$W_2 = 20(h/1)^{0,6} \text{m/detik} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana,

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

W = Kecepatan tiba dari banjir

L, l = Panjang sungai, yakni panjang horizontal dari titik teras dimana  
Lembah sungai terbentuk sampai ketitik perkiraan waktu tiba  
Dari banjir.

H, h = selisih elevasi titik-titik tersebut diatas

b) Rumus Kirpich:

$$t_c = 0,0195 \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0,77} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana,

t = Waktu Konsentrasi banjir (menit)

L = Panjang jarak dari tempat terjauh didaerah aliran sampai tempat

Pengamatan banjirnya, ukuran menurut jalannya sungai(m)

$H$  = selisih ketinggian antara tempat terjauh dan tempat pengamatan

$S$  = Perbandingan dari selisih tinggi antara tempat terjauh tadi dan tempat

Pengamatan terhadap  $L$ , yaitu  $H/L$ .

### 2.17.2 Metode Empiris

Jika tidak terdapat data hidrologi yang cukup, maka perkiraan debit banjir dihitung dengan menggunakan rumus – rumus empiris yang telah banyak dikemukakan. Hampir semua rumus jenis ini adalah jenis yang menyatakan korelasi dengan satu atau dua variable yang sangat berhubungan dengan debit banjir. Karakteristik yang tidak diketahui dari debit banjir yang diperkirakan dengan rumus jenis ini ialah frekuensi rata – rata. Mengingat ada kira – kira 15 sampai 20 variabel yang mempengaruhi debit banjir pada suatu frekuensi tertentu, maka perkiraan debit banjir yang hanya mengkorelasikannya dengan satu atau dua variable sudah tentu tidak mungkin diperoleh hasil yang dipercaya. Penggunaan rumus ini harus dilakukan dalam pembatasan pembatasan yang telah ditentukan. Kesalahan debit banjir yang diperoleh biasanya berkisar antara 20% sampai 30%, dan keadaan ekstrim dapat mencapai beberapa ratus persen.

Bentuk rumus – rumus ini ditentukan oleh angka – angka karakteristik curah hujan, daerah aliran dan oleh tetapan – tetapan yang diperkirakan cocok untuk daerah

pengaliran tersebut. Rumus – rumus debit banjir itu mempunyai bentuk sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 & Q = KA^n \\
 & \text{Atau} \\
 & Q = \frac{a}{b + A^n} + c
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} Q = KA^n \\ \text{Atau} \\ Q = \frac{a}{b + A^n} + c \end{aligned}} \right\} \dots\dots\dots (2.31)$$

Di mana

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

K = Koefisien mengenai karakteristik curah hujan dan daerah aliran

N = tetapan yang kurang dari 1

A,b,c = tetapan tetapan

### 2.18 Tinjauan Hidrolika

Hidrolika adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat – sifat zat cair. Analisis hidrolika dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur sungai dan saluran pada kondisi sekarang terhadap banjir rencana, yang selanjutnya digunakan untuk mendesain alur sungai dan saluran.

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran pada saluran terbuka (*open channel flow*) maupun pada saluran tertutup (*pipe channel flow*). Pada saluran

tertutup dapat dengan saluran penuh dengan air (bertekanan) dan saluran tidak penuh dengan air (tidak bertekanan).

### **2.18.1 Aliran Air pada Saluran Terbuka**

#### 1. Aliran Lunak (*Steady flow*)

Aliran lunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk waktu tertentu.

Aliran lunak diklasifikasikan menjadi :

- a) Aliran seragam, tinggi muka air sama pada setiap penampang
- b) Aliran berubah, kedalaman air berubah di sepanjang saluran.
- c) Aliran lunak (*Steady flow*)

#### 2. Aliran tidak lunak (*Unsteady Flow*)

Aliran ini mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu. Contohnya adalah banjir.

### **2.18.2 Aliran Air pada Pipa**

Aliran air dalam pipa dapat merupakan aliran yang bertekanan, air penuh mengisi pipa, dapat pula aliran yang tidak bertekanan, air tidak mengisi penuh pipa. Seperti halnya gorong – gorong dapat direncanakan muka air bebas, pipa penuh terisi air. Tekanan air dalam pipa ditentukan oleh muka air di kedua ujung pipa. Dapat pula muka air tidak sampai sisi atas saluran yang merupakan saluran tidak bertekanan.

Untuk pipa drainase pada saluran bawah muka tanah, ketinggian rencana muka air pada pipa drainase direncanakan lebih kecil dari diameter pipa drainase, diatas muka air rencana terdapat lobang – lobang dengan diameter sekitar 0,50 sampai 1,00 cm, untuk masuknya/mengalirnya air yang berada didalam tanah kedalam pipa drainase.

### **2.18.3 Sifat – sifat Aliran**

Pada saluran terbuka, aliran yang terjadi pada saluran adalah sebagai berikut :

#### **1. Aliran Laminer**

Gaya kekentalan (*viscosity*) relative sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia, sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Butir – butir air bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus. Aliran ini ditandai dengan tidak terjadinya olakan pada muka air.

#### **2. Aliran Turbulen**

Gaya kekentalan (*viscosity*) relative lemah dibandingkan dengan gaya inersia. Butir – butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancer dan tidak tetap. Aliran ini ditandai dengan terjadinya olakan pada permukaan air.