

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Sistem Drainase Perkotaan merupakan salah satu komponen prasarana perkotaan yang sangat erat kaitannya dengan penataan ruang. Bencana banjir yang sering melanda sebagian besar wilayah dan kota di Indonesia disebabkan oleh kesemrawutan penataan ruang (Suripin, 2004). Keterpaduan pada komponen pengelolaan SDA Terpadu di wilayah perkotaan mencakup antara lain yaitu kuantitas air dengan kualitas air, air hujan dengan air permukaan dan air bawah tanah, penggunaan lahan (*land use*) dengan pendayagunaan air (*water use*).

Dalam implementasinya seiring dengan perkembangan pembangunan di wilayah perkotaan, pada umumnya cenderung akan mengurangi tingkat keterpaduan tersebut dimana kuantitas air sangat fluktuatif antara musim kemarau dan musim hujan, kualitas air semakin menurun, air hujan yang sebagian besar berubah menjadi air permukaan/limpasan dan sedikit sekali yang terinfiltrasi ke dalam tanah, perubahan tataguna lahan yang tidak terkontrol yang kesemuanya akan menyebabkan turunnya kualitas lingkungan di daerah perkotaan. Pengembang hampir tidak pernah melakukan kajian terhadap lahan resapan yang digantikan oleh lahan pemukiman, sehingga menyebabkan besarnya kapasitas saluran yang ada dalam mengakomodasi limpasan pada kawasan 2 pemukiman terlalu kecil, dengan kata lain saluran drainase yang didesain pada kawasan pemukiman tidak efektif. Demikian halnya dengan kondisi yang terjadi di Kecamatan Medan Sunggal dalam beberapa tahun terakhir yang mengalami perkembangan seiring dengan perkembangan dinamika masyarakatnya. Penyebab banjir di Kecamatan Medan Sunggal terutama pada kawasan jalan Setia Budi, Sei sikaming B adalah berubahnya tutupan lahan dari daerah persawahan menjadi daerah

permukiman, sarana dan prasarana lain seperti jalan raya. Sehingga debit aliran permukaan (*surface run off*) terjadi akibat penyerapan kedalam tanah (*infiltrasi*) yang semakin kecil. Aliran permukaan yang mempunyai debit yang tidak bisa ditampung oleh saluran drainase alam maupun buatan maka akan terjadi luapan dari saluran dan terjadi banjir. Semua hal yang menyangkut kelebihan air yang berada di kawasan kota sudah pasti dapat menimbulkan masalah banjir. Adapun kondisi-kondisi yang menimbulkan permasalahan lingkungan baik pada lingkungan permukiman maupun ruas jalan Setia Budi, Sei sikambing B Kecamatan Medan Sunggal adalah :

1. Berubahnya tata guna lahan akibat perkembangan pembangunan.
2. Berkurangnya daerah resapan air.
3. Kondisi drainase lama kurang memadai baik di tinjau dari segi kuantitas dan segi kualitas.
4. Terjadinya penyumbatan pada lubang tempat masuknya air ke inlet saluran drainase.
5. Pemeliharaan jaringan drainase yang ada belum dilaksanakan secara berkesinambungan sehingga kondisi jaringan kurang terpelihara.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis akan mengevaluasi kemampuan saluran drainase pada kawasan jalan Setia Budi, Sei sikambing B Medan Sunggal untuk mengalirkan debit banjir rencana periode ulang 10 tahun. Dari hasil evaluasi dapat direncanakan tipikal penampang saluran yang perlu direncanakan ulang dimensi salurannya agar dapat mengendalikan banjir sesuai periode ulang 10 tahun yang telah direncanakan.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam studi evaluasi dan perencanaan ulstem jaringan drainase pada kawasan jalan Setia Budi, Sei sikambing B Medan Sunggal, masalah-masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. Berapakah debit banjir rancangan dengan periode ulang 10 tahun?
2. Apakah dimensi saluran yang sudah ada di daerah studi mampu mengalirkan debit banjir rancangan dengan kala ulang 10 tahun?
3. Apakah dimensi saluran yang ada (*existing*) layak atau tidak?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah tidak meluas, dan menyebabkan ketidaksesuaian dengan tujuan penelitian, maka diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Daerah kajian studi yaitu pada kawasan jalan Setia Budi, Sei sikambang B, Kecamatan Medan Sunggal sepanjang 1.016 Meter atau 1,0 Kilometer
2. Saluran yang di evaluasi adalah saluran pengumpul (*collector drain*) di jalan Setia Budi, Sei sikambang B, Kecamatan Medan Sunggal.
3. Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan kala ulang 10 tahun.
4. Data curah hujan yang digunakan adalah dari stasiun Jalan Setia Budi, Sei sikambang B, Kecamatan Medan Sunggal ialah 10 tahun dari tahun 2012-2021.
5. Survei pengukuran yang akan dilakukan dilokasi penelitian yaitu;
 - 1) Panjang Saluran
 - 2) Kemiringan Saluran
 - 3) Dimensi Saluran
 - 4) Bentuk Saluran dan Kondisi Salurannya
 - 5) Arah Aliran
6. Bentuk saluran yang digunakan untuk mendimensi salurannya yaitu saluran Trapesium.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui curah hujan rencana periode ulang 10 tahun.
2. Untuk mengetahui debit banjir rencana periode ulang 10 tahun.
3. Untuk mengevaluasi dan merencanakan ulang dimensi saluran drainase yang ada saat ini (*eksisting*).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah

- 1) Dapat mengetahui debit banjir rencana periode ulang 10 tahun.
- 2) Bisa digunakan sebagai acuan atau dasar perhitungan dimensi saluran yang layak.
- 3) Dapat memberi masukan tentang kajian evaluasi dan perencanaan ulang dimensi saluran drainase.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Beberapa pengertian drainase. Menurut Dr. Ir. Suripin, M.Eng. (2004) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. (Suhardjono 1948). Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase disini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Sehingga dapat disimpulkan drainase adalah suatu system untuk menangani kelebihan air. Kelebihan air yang perlu ditangani atau dibuang meliputi :

- 1) Air atau aliran/limpasasn diatas permukaan tanah (*surface flow* atau *surface run off*).
- 2) Aliran bawah tanah(*subsurface flow* atau *subflow*).

Pada dasarnya drainase tidak diperlukan bila kelebihan air yang tidak menimbulkan permasalahan bagi masyarakat. Drainase diperlukan bila air kelebihan menggenang pada daerah-daerah yang mempunyai nilai ekonomis seperti daerah perkotaan, pertanian, industri, dan pariwisata.

2.2 Tujuan Drainase

Tujuan Drainase adalah:

- 1) Untuk meningkatkan kesehatan lingkungan pemukiman.
- 2) Pengendalian kelebihan air permukaan dapat dilakukan secara aman, lancar dan efisien serta sejauh mungkin dapat mendukung kelestarian lingkungan.
- 3) Dapat mengurangi genangan-genangan air yang menyebabkan bersarangnya nyamuk malaria dan penyakit-penyakit lain, seperti demam berdarah, disentri serta penyakit lain yang disebabkan kurang sehatnya lingkungan pemukiman.
- 4) Untuk memperpanjang umur ekonomis sarana-sarana fisik antara lain: jalan, kawasan pemukiman, kawasan perdagangan dari kerusakan serta gangguan kegiatan akibat tidak berfungsinya sarana drainase.

2.3 Permasalahan Drainase

Saluran drainase di daerah perkotaan menerima tidak hanya air hujan, tetapi juga air buangan (limbah) rumah tangga dan limbah pabrik. Hujan yang jatuh di wilayah perkotaan kemungkinan besar terkontaminasi manakala air itu memasuki dan melintasi atau berada pada lingkungan perkotaan tersebut.

Banjir menjadi salah satu permasalahan yang sering bahkan selalu terjadi setiap tahunnya. Bagi kota-kota besar terutama pada kawasan perkotaan banjir sudah menjadi hal yang biasa mereka rasakan.

2.4 Jenis- jenis Drainase

Menurut H.A Halim hasmar drainase dibedakan menjadi beberapa bagian diantaranya:

a. Menurut sejarah terbentuknya drainase

1) Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Terbentuk secara alami, tidak ada unsur campur tangan manusia.

2) Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

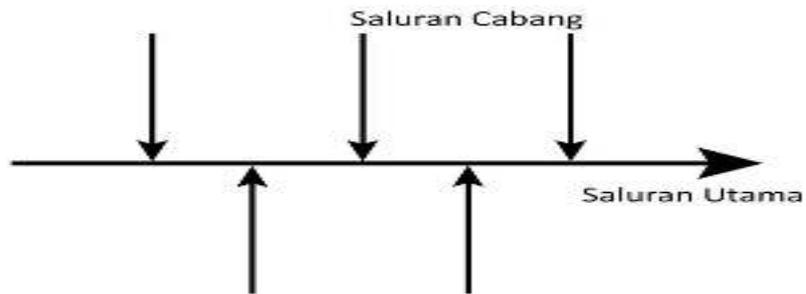
Dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, kecepatan resapan air dalam lapisan tanah dan dimensi saluran.

- b. Menurut Letak saluran
 - 1) Drainase muka tanah (*surface Drainage*)
Saluran drainase yang berada di permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.
 - 2) Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Sub Surface Drainage*)
Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa).
- c. Menurut Fungsinya
 - 1) (*Single purpose*), yaitu Saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja, atau jenis air buangan lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.
 - 2) (*Multi purpose*), yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.
- d. Menurut Konstruksinya
 - a. Saluran Terbuka, yaitu Saluaran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan daerah yang lebih cukup atau pun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan
 - b. Saluran Tertutup, yaitu saluaran yang pada umumnya sering di pakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

2.5 Pola Jaringan Drainase

a. Siku

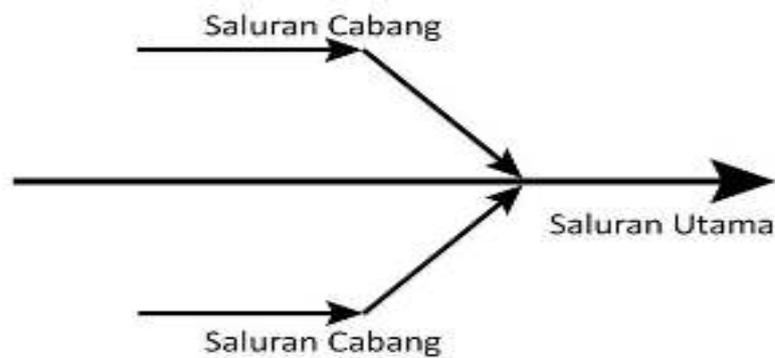
Di buat pada daerah yang mempunyai potografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuangan akhir berada di tengah kota.



Gambar 2.1 Pola jaringan siku

b. Paralel

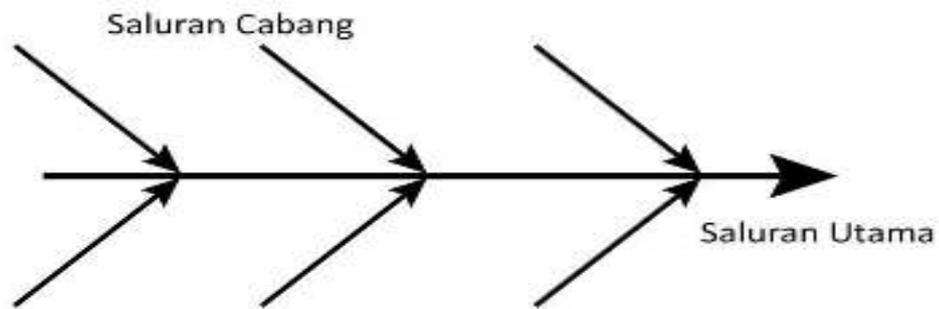
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apa bila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2.2 Pola jaringan paralel

c. Alamiah

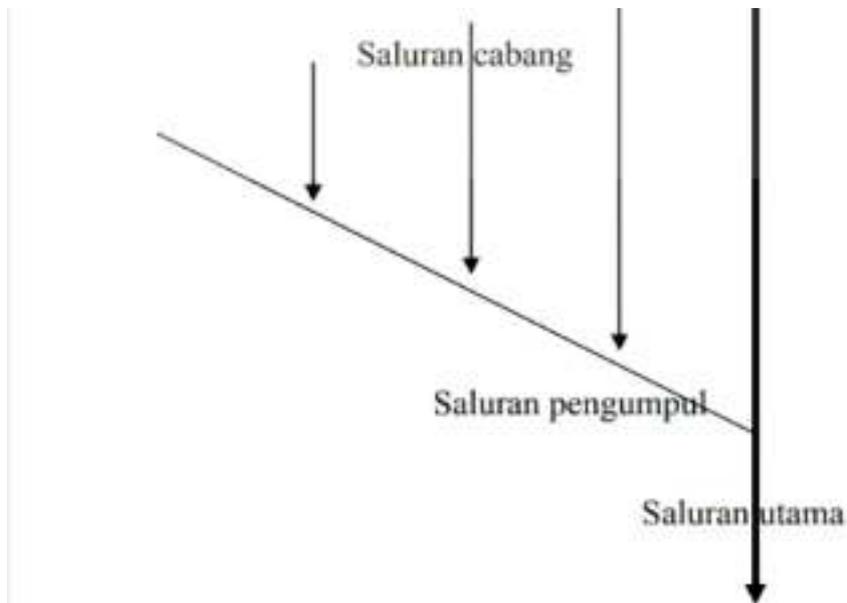
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.3 Pola jaringan alamiah

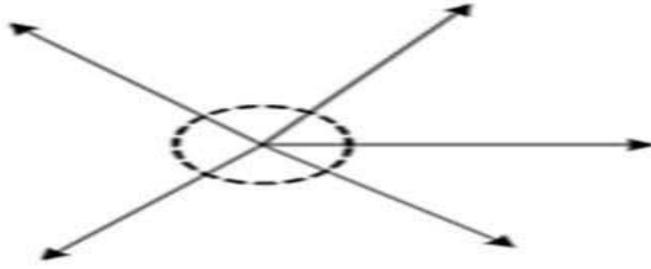
d. Grid Iron

Untuk daerah dimana sungainya terletak dipinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.4 Pola jaringan Grid Iron

e

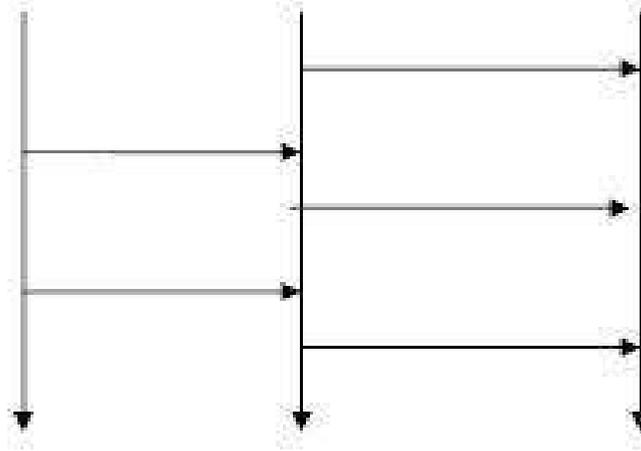


i

Gambar 2.5 Pola jaringan Radial

f. Jaring-jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar. Gambar 3.6 merupakan sketsa pola jaringan drainase jaring-jaring

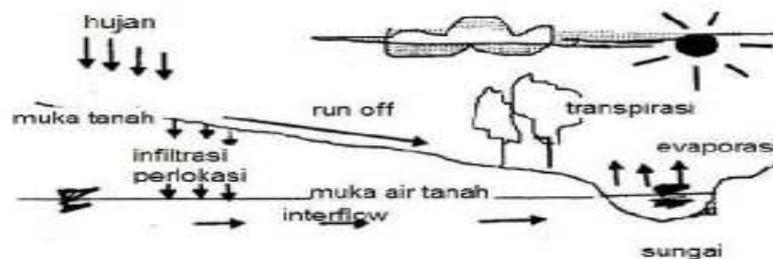


Gambar 2.6 Pola jaringan jaring-jaring

Sumber :H.A Halim Asmar 2010

2.6 Analisa Hidrologi Debit Banjir

Analisa hidrologi tidak hanya diperlukan dalam perencanaan berbagai macam bangunan air seperti bendungan, bangunan pengendali banjir dan irigasi. Tetapi juga bangunan jalan raya, lapangan terbang dan bangunan lainnya, dan juga analisa hidrologi diperlukan untuk perencanaan drainase, culvert, maupun jembatan yang melintasi sungai atau saluran (Suripin, 2004). Drainase yang direncanakan dalam hal ini untuk dapat menampung air hujan atau air limbah daerah sekitar dan mengalirkannya ke sungai atau ke tempat-tempat pembuangan lainnya. Saluran drainase ini ukurannya direncanakan sedemikian rupa sehingga cukup untuk mengalirkan sejumlah volume air tertentu dalam suatu waktu yang lama atau yang disebut dengan debit (Q).



Gambar 2.7 Gambar siklus hidrologi

2.6.1 Data Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) diatas permukaan horizontal. Hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Suroso 2006).

2.6.2 Data Hujan Yang Hilang

Data yang ideal adalah data yang untuk dan sesuai dengan apa yang dibutuhkan. Tetapi dalam praktek sangat sering dijumpai data yang tidak lengkap (*incomplete record*) hal ini dapat disebabkan beberapa hal, antara lain yaitu kerusakan alat, kelalaian petugas, penggantian alat, bencana (pengerusakan) dan sebagainya. Keadaan tersebut menyebabkan pada bagian-bagian tertentu dari data

runtut waktu terdapat data yang kosong (*missing record*). Dalam memperkirakan besarnya data yang hilang harus diperhatikan pola penyebaran hujan pada stasiun yang bersangkutan maupun stasiun-stasiun sekitarnya.

Keadaan data hujan hilang ini untuk kepentingan tertentu mengganggu. Misalnya pada suatu saat terjadi banjir, sedangkan data hujan pada suatu atau beberapa stasiun pada saat yang bersamaan tidak tersedia (karena berbagai sebab). Keadaan demikian tidak terasa merugikan bila data tersebut tidak tercatat pada saat yang pandang tidak penting. dalam bukunya "Hidrologi. analisis hidrologi memang tidak terlalu diperlukan pengisian data yang kosong atau hilang.

Misal terdapat data kosong pada musim kemarau sedang analisis data hidrologi tersebut dihitung debit banjir musim penghujan maka dipandang tidak perlu melengkapi data pada periode kosong musim kemarau tersebut, tetapi bila untuk analisis kekeringan maka data kosong pada musim kemarau tersebut harus diusahakan untuk melengkapi. (Menurut Montarich 2010) ada 2 (dua) langkah yang dapat dilaksanakan bila terdapat data hujan wilayah yaitu :

- 1) Membiarkan saja data yang hilang tersebut karena dengan cara apapun data tersebut tidak akan diketahui dengan tepat.
- 2) Bila dipertimbangkan data tersebut bahwa data tersebut mutlak diperlukan maka perkiraan data tersebut dapat dilakukan dengan cara-cara yang dikenal.

Ada kesamaan metode perhitungan dari buku "Hidrologi Operasional Jilid Kesatu" dengan buku "Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi", yaitu metode rata-rata aritmatik dengan rata-rata aljabar, dan *Normal Ratio Method* dengan perbandingan normal (*Normal Ratio*) yang terdapat di buku (Soewarno).

2.6.2.1 Normal Ratio Method

Linsley, Kohler dan Paulhus (1958) menyarankan satu metode yang disebut "*Normal Ratio Method*", syaratnya adalah perbedaan curah hujan normal tahunan dari pos X yang hilang datanya dengan pos sekelilingnya > 10% sebagai berikut.

$$D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \frac{A_{n_x}}{A_{n_i}} \quad (2.1)$$

Dimana :

D_x = Data tinggi hujan harian maksimum di stasiun x (mm)

n = Jumlah stasiun di sekitar x untuk mencari data di x

d_i = Data tinggi hujan harian maksimum di stasiun I (mm)

An_x = Tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun x (cm)

An_i = Tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun sekitar x (cm)

2.6.2.2 Cara "Inversed Square Distance"

Persamaan yang digunakan dalam cara "Inversed Square Distance" adalah :

$$P_x = \frac{\frac{1}{(d \times A)^2} P_A + \frac{1}{(d \times B)^2} P_B + \frac{1}{(d \times C)^2} P_C}{\frac{1}{(d \times A)^2} + \frac{1}{(d \times B)^2} + \frac{1}{(d \times C)^2}} \quad (2.2)$$

Dimana :

P_x = Tinggi hujan yang dipertanyakan (cm)

P_A, P_B, P_C = Tinggi hujan pada stasiun disekitarnya (cm)

$d \times A, d \times B, d \times C$ = Jarak stasiun X terhadap masing-masing A,B,C

2.6.2.3 Rata-Rata Aljabar

Syaratnya adalah perbedaan curah hujan normal tahunan dari pos X yang hilang datanya dengan pos sekelilingnya >10% sebagai berikut :

$$H_x = \frac{1}{n} (H_a + H_b + H_c + \dots + H_n) \quad (2.3)$$

Dimana :

H_x = Curah hujan yang hilang

H_a, H_b, H_c = Curah hujan bulanan di pos A, B, dan C

H_n = Curah hujan bulanan di pos ke-n

2.6.3 Data Hujan Daerah Tangkapan Air Hujan (DTA)

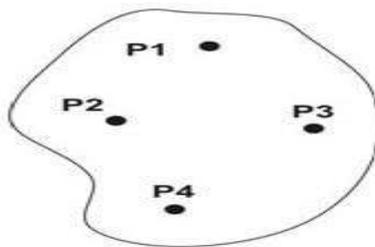
Daerah tangkapan Air sungai adalah suatu kawasan berupa cekungan yang dibatasi oleh pembatas topografi berupa igir yang didalamnya terdapat jaringan sungai, dimana hujan yang jatuh kedalam kawasan ini dikeluarkan melalui satu keluaran (*Outlet*, *Linsley et al*, 1975).

2.6.4 Data Daerah Aliran Hujan (DAS)

Menurut Suripin (2002), DAS merupakan suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas batuan, seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*).

2.6.4.1 Metode Rata-Rata Aljabar

Dengan menggunakan metode aritmatik, curah hujan rata-rata DAS dapat ditentukan dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran untuk suatu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya stasiun pengukuran. Metode dapat dipakai pada daerah datar dengan jumlah stasiun hujan relatif banyak, dengan anggapan bahwa di DAS tersebut sifat hujannya adalah merata (*uniform*). Secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut :



Gambar 2.8 Rata-rata Aljabar

$$D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2.4)$$

Dimana :

p = Curah hujan rata-rata, (mm)

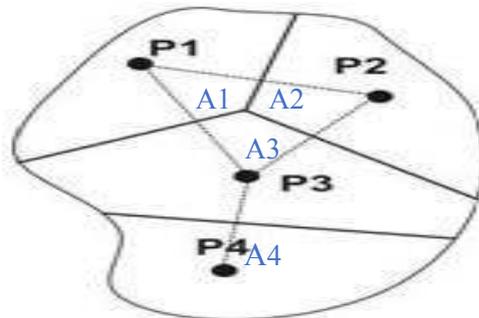
P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan pada setiap stasiun, (mm)

n = Banyaknya stasiun curah hujan

Metode ini sangat sederhana dan mudah diterapkan, akan tetapi kurang memberikan hasil yang teliti mengingat tinggi curah hujan yang sesungguhnya tidak mungkin benar-benar merata pada seluruh DAS. Utamanya di wilayah tropis termasuk Indonesia, sifat distribusi hujan menurut ruang sangat bervariasi, sehingga untuk suatu daerah aliran sungai (DAS) yang relatif besar, metode aritmatik tidak cocok untuk digunakan.

2.6.4.2 Metode Polygon Thiessen

Dalam metode polygon thiessen, curah hujan rata-rata di dapatkan dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian setiap stasiun penakar hujan akan terletak pada suatu wilayah poligon tertutup luas tertentu. Cara ini lebih baik dari cara rerata aljabar (aritmatik), yaitu dengan memasukkan faktor luas area yang di wakili oleh setiap stasiun dalam poligon tersebut dibagi dengan luas daerah seluruh DAS. Prosedur hitungan dari metode ini di lukiskan pada persamaan-persamaan berikut :



Gambar 2.9 Metode Polygon Thiessen

$$p = \frac{A_1.p_1 + A_2.p_2 + \dots + A_n.p_n}{A_{total}} \quad (2.5)$$

Dimana :

P = curah hujan rata-rata, (mm)

P₁, p₂, ... p_n = curah hujan pada setiap stasiun, (mm)

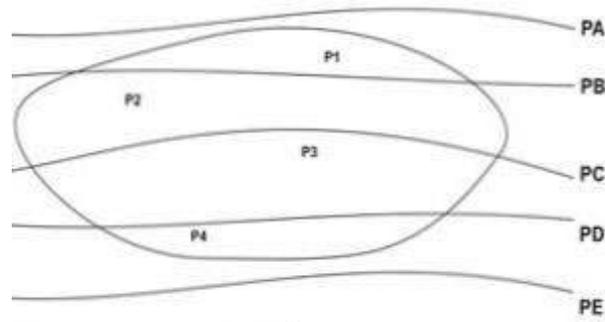
A_1, A_2, \dots, A_n = luas yang di batasi tiap poligon atau luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n, (m)

Nilai antara luas poligon yang mewakili setiap stasiun terhadap luas total. Daerah Aliran Sungai (DAS) disebut sebagai faktor bobot Thiessen untuk stasiun tersebut. Dengan demikian cara ini di pandang lebih baik dari cara rerata aljabar karna telah memperhitungkan pengaruh letak penyebaran stasiun penakar hujan. Metode ini cocok untuk menentukan hujan rata-rata dimana lokasi hujan tidak bayak dan tidak merata.

2.6.4.3 Metode Isohyet

Metode ini menggunakan pembagian DAS dengan garis-garis yang menghubungkan tempat-tempat dengan curah hujan yang sama besar (isohyet). Curah hujan rata-rata di daerah aliran sungai didapatkan dengan menjumlahkan perkalian antara curah hujan rata-rata diantara garis-garis isohyet dengan luas daerah yang di batasi oleh garis batas DAS dan dua garis isohyet, kemudian dibagi dengan luas seluruh DAS. Cara ini mempunyai kelemahan yaitu apa bila dikerjakan secara manual, dimana setiap kali harus menggambar garis isohyet yang tentunya hasilnya sangat tergantung pada masing-masing pembuat garis. Unsur subjektivitas ini dapat dihindarkan dengan penggunaan perangkat lunak komputer yang dapat menghasilkan gambar garis isohyet berdasarkan sistem interpolasi grid, sehingga hasilnya akan sama untuk setiap input data di masing-masing stasiun hujan.

Ilustrasi hitungan hujan rerata DAS dengan menggunakan metode isohyet dapat kita lihat pada contoh soal dan penyelesaian. Persamaan dalam hitungan hujan rata-rata dengan metode isohyet dapat kita rumuskan sebagai berikut :



Gambar 2.10 Metode Isohyet

$$\bar{p} = \left(\frac{A_1}{A_{total}} \times \frac{P_1 + P_2}{2} \right) + \left(\frac{A_2}{A_{total}} \times \frac{(p_2 + p_3)}{2} \right) \dots + \left(\frac{A_n}{A_{total}} \times \frac{(p_n + p_{n+1})}{2} \right) \quad (2.6)$$

Dengan :

P = Curah hujan rata-rata, (mm)

P₁, P₂, ..., p_n = Besaran curah hujan yang sama pada setiap garis isohyet, (mm)

P_A, P_B, ..., P_n = Tebal hujan pada isohyet A, B, C, D, E

A_{total} = Luas total DAS (A₁+A₂.....+A_n), (m)

Dalam praktek pemakaian hitungan hujan DAS tersebut, banyak di gunakan cara kedua atau metode poligon thiessen karena di pandang lebih praktis dengan hasil yang cukup baik.

Tabel 2.1. Metode perhitungan Hujan wilayah berdasarkan jumlah pola hujan

Persyaratan	Metode
Jumlah pos penakar hujan cukup banyak	Rata-rata aljabar, Thiessen, isohyet
Jumlah pos penakar terbatas	Rata-rata aljabar Thiessen
Pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

(Sumber :suripin 2004)

Tabel 2.2. Metode perhitungan hujan wilayah berdasarkan luas DAS

Luas DAS	Metode
DAS > 500 km ²	Isohyet
DAS 500-5000 km ²	Rata-rata Aljabar dan Thiessen
DAS <500 km ²	Rata-rata Aljabar

(Sumber :Suripin 2004)

Tabel 2.3. Metode perhitungan hujan wilayah berdasarkan topografi

Topografi	Metode
Berbukit, Pegunungan, dan tidak beraturan	Isohyet
Dataran	Rata-rata Aljabar dan Thiessen

(Sumber :Suripin 2004)

2.7 Analisa Hujan

Hujan adalah turunnya hujan dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Hujan merupakan salah satu bagian tahapan dalam siklus hidrologi yang sangat berkaitan erat terhadap peristiwa alam lainnya di permukaan bumi.

2.7.1 Tipe Hujan

Menurut (Bambang Triatmodjo 2008) dalam bukunya Hidrologi Terapan, tipe hujan di bedakan menurut cara naiknya udara ke atas beberapa tipe hujan tersebut diantaranya :

1) Hujan Konvektif

Di daerah tropis pada hujan ke marau udara yang berada di dekat permukaan tanah mengalami pemanasan yang infektif. Pemanasan tersebut menyebabkan rapat massa udara berkurang, sehingga udara basah naik ke atas dan mengalami perbandingan, sehingga terjadi kondensasi dan hujan. Hujan yang terjadi karena proses ini di sebut hujan konvektif yang biasanya bersifat setempat, mempunyai intensitas tinngi, dan durasi singkat.

2) Hujan Siklonik

Jika massa udara panas yang relatif ringan bertemu dengan massa udara dingin relatif berat, maka udara panas tersebut akan bergerak ke atas udara dingin. Udara yang bergerak di atas tersebut mengalami pendinginan sehingga terjadi kondensasi terbentuk awan dan hujan. Hujan yang terjadi di sebut hujan siklonik, yang mempunyai sifat tidak terlalu lebat dan berlangsung dalam waktu lebih lama.

3) Hujan Orografi

Udara lembab yang tertiup angin dan melintasi daerah pegunungan akan naik dan mengalami pendinginan, sehingga terbentuk awan dan hujan. Sisigunung yang di lalui oleh udara tersebut banyak mendapatkan hujan dan di sebut lereng hujan sedangkan sisi yang belakangnya yang dilalui udara kering (Uap air telah menjadi hujan di lereng hujan) di sebut lereng bayangan hujan. Daerah tersebut tidak permanen dan dapat berubah tergantung musim (arah angin). Hujan ini terjadi di daerah pegunungan (hulu DAS). Dan merupakan pemasok air tanah , danau, bendungan, dan sungai.

2.8 Intesitas Hujan

Intesitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intesitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intesitasnya. Hubungan antara intesitas, lama hujan dan frekuensi hujan. Biasanya dinyatakan dalam lengkung intesitas durasi – frekuensi (IDF = *Intensity-Duration-Frequency*). Di tentukan waktu hujan jangka pendek, misalnya 5 menit,10 menit,30 menit, 60 menit dan jam-jam untuk membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini hanya dapat di peroleh dari pos penakar hujan otomatis. Selanjutnya,berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat di buat dari salah satudari persamaan berikut :

a. Rumus Talbot

Rumus Talbot dikemukakan oleh profesor Talbot pada tahun 1881. Rumus ini banyak digunakan karena mudah di terapkan dan tetapan-tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga yang di ukur. Adapun rumus tersebut:

$$i = \frac{a}{t+b} \quad (2.10)$$

$$a = \frac{\sum(I)\sum(I^2) - \sum(I^2.t).\sum(I)}{N.\sum(I^2) - \sum(I)\sum(I)}$$

$$b = \frac{\sum(I).\sum(I.t) - N.\sum(I^2.t)}{N.\sum(I^2) - \sum(I).\sum(I)}$$

N = Banyaknya data

Dimana :

t = Lamanya hujan (jam)

I = Intesitas hujan (mm/jam)

a dan b = konstanta yang tergantung lamanya hujan terjadi.

b. Rumus sherman

Rumus sherman dikembangkan oleh (profesor sherman) pada tahun 1905. Rumus ini cocok di gunakan untuk jangka waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam. Adapun rumus tersebut:

$$i = \frac{a}{t^n} \quad (2.11)$$

$$a = \left[\frac{\sum(\log I) \sum(\log t)^2 - \sum(\log t \log I) \sum(\log t)}{N \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \sum(\log t)} \right]_{10}$$

$$n = \frac{\sum(\log I) \cdot \sum(\log t) - \sum(\log t \log I)}{N \cdot \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \sum(\log t)}$$

Dimana :

- I = Intesitas curah hujan (mm/jam)
- t = Lamanya curah hujan (jam)
- a = Konstanta
- n = Banyaknya data

c. Persamaan Ishiguro

Rumus Ishiguro ini dikemukakan oleh (Dr. Ishiguro) tahun 1953. Adapun rumus tersebut:

$$I = \frac{a}{n + \sqrt{t}} \tag{2.12}$$

$$a = \frac{\sum(I \cdot \sqrt{t}) \sum(I^2) - \sum(I^2 \cdot \sqrt{t}) \sum(I)}{N \sum(I^2) - \sum(I) \sum(I)}$$

$$n = \frac{\sum(I) \sum(I \cdot \sqrt{t}) - N \sum(I^2 \cdot \sqrt{t})}{N \cdot \sum(I^2) - \sum(I) \sum(I)}$$

Dimana :

- I = Intesitas curah hujan (mm/jam)
- t = Lamanya curah hujan (jam)
- a = Konstanta
- n = Banyaknya data

d. Persamaan Mononobe

Apabila data huju jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka digunakan perhitungan mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\left(\frac{24}{t} \right)^2 \right) \tag{2.13}$$

Dimana :

- I = Intesitas hujan (mm/jam)
- T = Lamanya hujan (jam)
- R₂₄ = Curah hujan maksimum harian (mm).

2.9 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit rencana adalah debit kala ulang yang digunakan untuk menentukan debit banjir pada periode tertentu, ada beberapa metode pada perencanaan drainase untuk mendapatkan debit rencana yaitu weduwen, haspers dan rasional. Untuk rasional sendiri syarat batas asalah DAS < 60 km², untuk metode weduwen syarat batas DAS <100 km² dan hapers memiliki syarat batas DAS < 300 km². Di karenakan DAS di jalan Setia Budi, Sei Sikambing B kota medan adalah sekitar 60 Ha- 70 Ha maka 3 metode tersebut masuk dalam syarat batas yang digunakan.

A. Metode Rasional

Metode Rasional hanya digunakan untuk menentukan banjir maksimum bagi saluran-saluran dengan daerah aliran kecil, kira-kira 40 – 80 km². Pada metode rasional, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Subarkah, 1980):

$$Q_r = 0,278 \times C \times I \times A \text{ (m}^3\text{/detik)} \quad (2.14)$$

Dimana :

- Q_r = Debit kala ulang (m³/detik)
- C = Koefisien pengaliran
- I = Intesitas hujan kala ulang tertentu (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (Km²)

B. Metode Haspers

Haspers melakukan penelitian pada beberapa DAS dengan luas kurang dari atau sama dengan 300 km² . Rumus debit maksimum dengan Metode Haspers (Kamiana, 2012: 100) adalah:

$$Q_{maks} = \alpha \times \beta \times I \times A \text{ (m}^3\text{/detik)} \quad (2.15)$$

$$\alpha = \frac{1+0,012 A^{0,70}}{1+0,075 A^{0,70}}$$

$$\beta = \frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+3,70 \cdot 10^{-0,40t}}{t^2+15} \frac{A^{0,75}}{12}$$

Dimana :

- Q_{maks} = Debit maksimum (m³/detik)
 α = Koefisien pengaliran
 β = Koefisien pengurangan luas daerah hujan
 I = Intesitas hujan maksimum rata-rata(m³/det/km)
 A = Luas daerah pengaliran (Km)

Dalam Metode Haspers digunakan rumus sebagai berikut:

(Kamiana, 2012: 101):

$$\alpha = \frac{1+0,012 \times A^{0,7}}{1+0,075 \times A^{0,7}} \quad (2.16)$$

Dimana :

- α = Koefisien pengaliran
 A = Luas daerah pengaliran (km²)

Untuk waktu konsentrasi Metode Haspers digunakan rumus sebagai berikut (Kamiana, 2012: 101):

$$t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} \quad (2.17)$$

Dimana :

- t_c = waktu konsentrasi (jam)
 L = panjang sungai utama (m)
 S = kemiringan dasar sungai rata-rata

Kemiringan sungai dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{\Delta H}{L} \quad (2.18)$$

Dimana :

- S = Kemiringan sungai
 ΔH = Beda elevasi hulu dan hilir (m)
 L = Panjang sungai (km²)

Haspers juga menetapkan koefisien reduksi (β) dengan persamaan sebagai berikut (Kamiana, 2012: 101):

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+3,7 \cdot 10^{-0,4t}}{t^2 + 15} \times \frac{A^{0,75}}{12} \quad (2.19)$$

Dimana :

- β = Koefisien reduksi
- t = Waktu konsentrasi (m)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)

Curah hujan (r dalam satuan mm) untuk lama hujan tertentu ($t = t_c$ dalam satuan jam) dan hujan harian maksimum (R_{24} dalam satuan mm) dapat dicari dengan rumus (Kamiana, 2012: 101):

a. Untuk $t < 2$ jam

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t+1-0,0008(260-R_{24}) \times (2-t)^2} \quad (2.20)$$

b. Untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t+1} \quad (2.21)$$

c. Untuk $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari}$

$$r = 0,707R_{24}(t + 1)^{1/2} \quad (2.22)$$

Dimana :

- r = Curah hujan (mm)
- R_{24} = Hujan harian maksimum (mm)
- t = Waktu konsentrasi (jam)

d. Untuk hujan maksimum (I) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Kamiana, 2012: 102):

$$I = \frac{r}{3,6 \times t} \quad (2.23)$$

Dimana :

- I = Hujan maksimum (m³ /det/km²)
- r = Curah hujan (mm)
- t = Waktu konsentrasi (jam)

C. Metode Weduwen

Metode ini digunakan untuk DAS dengan luas sampai 100 km² . Weduwen adalah metode perhitungan debit maksimum dengan rumusan sebagai berikut (Kamiana, 2012: 96):

$$Q_{maks} = \alpha \beta \times I \times A \quad (2.24)$$

Dimana :

- Q_{maks} = Debit maksimum (km³/detik)
- α = Koefisien pengaliran
- β = Koefisien reduksi
- q_m = Curah hujan maksimum (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)

Weduwen juga menetapkan koefisien reduksi (β) dengan persamaan berikut (Kamiana, 2012: 96):

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+2} \alpha A}{120 + A} \quad (2.25)$$

Dimana :

- β = Koefisien reduksi
- t = Waktu konsentrasi (jam)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)

Untuk koefisien pengaliran (α) dalam Metode Weduwen digunakan rumus sebagai berikut (Kamiana, 2012: 96):

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(\beta \alpha t) + 7} \quad (2.26)$$

Dimana :

- α = Koefisien pengaliran
- β = Koefisien reduksi
- I = Hujan maksimum (m³/det/km²)

Lamanya hujan (t dalam satuan jam) ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Kamiana, 2012: 96):

$$t = 0,125 \times L \times Q^{-0,125} S^{0,25} \quad (2.27)$$

Dengan :

- t = Waktu konsentrasi (jam)
- L = Panjang sungai utama (km)
- Q = Debit maksimum (m³/det)

S = Kemiringan dasar sungai

Apabila luas daerah aliaran sungai kurang dari atau sama dengan 100 km² dan lama hujan kurang dari sama dengan 12 jam maka nilai I dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kamiana, 2012: 97):

$$I = \frac{R_{rn}}{240} \times \frac{67,65}{t+1,45} \quad (2.28)$$

Dengan :

- I** = Intensitas hujan (m³/det/km²)
- R_{rn}** = Hujan harian maksimum (mm)
- t** = Waktu konsentrasi (jam)

Tabel 2.4 Koefisien limpasan untuk Metoda Rasional

NO	Deskripsi lahan (Karakter permukaan)	Koefisien C
1	Bisnis	
	a. Perkotaan b. Pinggiran	0,70 - 0,95 0,50 - 0,70
2	Perumahan	
	a. rumah tunggal	0,30 - 0,50
	b. multiunit terpisah, terpisah	0,40 - 0,60
	c. multiunit, tergabung	0,60 - 0,75
	d. perkampungan	0,25 - 0,40
e. apartemen	0,50 - 0,70	
3	Industri	
	a. ringan b. berat	0,50 - 0,80 0,60 - 0,90
4	Perkerasan	
	a. aspal dan beton b. batu bata, paving	0,70 - 0,95 0,50 - 0,70
5	Atap	0,75 - 0,95
6	Halaman tanah berpasir	
	a. datar 2%	0,05 - 0,10
	b. rata-rata 2 - 7%	0,10 - 0,15
7	Halaman tanah berat	
	a. datar 2%	0,13 - 0,17
	b. rata-rata 2 - 7%	0,18 - 0,22
8	Halaman kereta api	
	a. datar 2%	0,25 - 0,35
	b. rata-rata 2 - 7%	0,10 - 0,35
9	Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
10	Taman , pekuburan	0,10 - 0,25
11	Hutan	
	a. datar, 0 - 5%	0,10 - 0,40
	b. bergelombang, 5 - 10%	0,25 - 0,50
c. berbukit 10 - 30%	0,30 - 0,60	

Sumber (Mc Guen, 1989 dalam Suripin 2003)

2.10 Analisis Frekuensi data hujan

Dalam analisis Frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu: Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III.

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada Tabel (2.5).

Tabel 2.5 Persyaratan parameter statistik suatu distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$
2	Normal	$C_s \approx 0,$ $C_k = 3$
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v,$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 5,383$
7	Log Pearson III	Selain dari nilai atas $C_s \neq 0$

2.10.1 Metode Gumbel

Jika data hujan yang dipergunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel (populasi terbatas), maka perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = X + KxS_X \quad (2.29)$$

$$K = \frac{Y_T - Y_N}{S_N}$$

$$Y_T = -Ln - Ln \frac{T-1}{T}$$

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_n)^2}{N-1}} \text{ Atau}$$

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum(X_i)^2 - X \sum X_i}{n-1}}$$

Dimana:

- K = faktor frekwensi Gumbel
- Yt = Reduced Variate
- Yn = Reduced Mean
- Sn = Reduced Standard deviation
- Sx = Standard deviasi dari data hujan (X)
- Xi = Curah hujan pada pengamatan tertentu
- n = Banyaknya pengamatan
- T = Periode ulang/return period
- Xt = besaran yang diharapkan terjadi dalam T tahun

Tabel 2.6 Reduced Mean, Yn

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
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Reduced Standard Deviation, Sn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	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	1,1480	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	1,1770	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	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Tabel 2.7 Reduced Variate. YTr sebagai fungsi periode ulang

Periode ulang. Tr (tahun)	Reduced variate. YTr
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
75	4,3117
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

2.10.2 Metode Normal

Jika data hujan yang dipergunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel (populasi terbatas), maka perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Normal dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + K_T \cdot X_S \quad (2.29)$$

Dimana:

- XT = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun
- X = Nilai rata-rata dari data hujan (X) mm
- S = Standar deviasi dari data hujan (X) mm
- Kt = Faktor Frekuensi, nilainya bergantung dari T (Tabel Variabel Reduksi Gauss)

Tabel 2.8 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,99	-2,33
4	1,050	0,95	-1,64
5	1,110	0,9	-1,28
6	1,250	0,8	-0,84
7	1,330	0,75	-0,67
8	1,430	0,7	-0,52
9	1,670	0,6	-0,25
10	2,000	0,5	0
11	2,500	0,4	0,25
12	3,330	0,3	0,52
13	4,000	0,25	0,67
14	5,000	0,2	0,84
15	10,000	0,1	1,28
16	20,000	0,05	1,64
17	50,000	0,02	2,05
18	100,000	0,01	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1.000,000	0,001	3,09

2.10.3 Metode Log Normal

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi probabilitas Log Normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut.

$$\text{Log}K_T = \text{Log}X + K_T(Sx\text{Log}X) \quad (2.30)$$

Dimana:

LogXT = nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun

LogX = nilai rata-rata dari log X,

$$\text{Log}X = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n}$$

S log.(X) = deviasi standar dari Log X

$$S \log.(X) = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}(X_i - \text{Log}X))^2}{N-1} \right]^{1/2}$$

KT = variabel reduksi Gauss

2.10.4 Metode Log Pearson Tipe III

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi probabilitas Log Pearson type III, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut.

$$\text{Log}X_T = \text{Log}X + KxS \quad (2.31)$$

Dimana:

LogXT = nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T (tahun)

LogX = nilai rata-rata dari log X,

$$\text{Log}X = \frac{\sum_{i=1}^N \text{Log}X_i}{N}$$

$$S = \text{deviasi standar} \quad S = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (\text{Log}X_i - \text{Log}X)^2}{n-1} \right]^{1/2}$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^N (\text{Log}X_i - \text{Log}X)^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

K = Variabel standar, besarnya bergantung koefisien kepengcengan (Cs atau G)

Tabel 2.9 Nilai K untuk distribusi Log-Pearson III

Koef, C _s	Interval kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,250	2	5	10	20	50	100	200
	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)								
	99	80	50	20	10	4	2	1	0,5
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889	
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605	
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,165
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,041
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	

Lanjutan Tabel 2.9

Koef, C_s	Interval kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)									
	1,0101	1,250	2	5	10	25	50	100	200	
	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)									
	99	80	50	20	10	4	2	1	0,5	
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326		
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178		
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029		
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,04	
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,86	
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588		
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449		
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318		
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197		
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087		
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990		
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905		
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832		
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769		
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714		
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667		
	0,8517	-1,6955	-0,8550	-0,1403	0,7743	1,3370	2,0059	2,4760	2,9249	2,9298

2.11 Analisa Hidrolika

Ilmu hidrolika digunakan untuk mempelajari perilaku dan sifat air didalam sebuah wadah sehingga pengetahuan tersebut dapat dimanfaatkan untuk menunjang keperluan masyarakat. Berdasarkan dari mekanika aliran air, ada dua macam aliran yaitu aliran saluran terbuka dan aliran saluran tertutup, perbedaan kedua saluran aliran adalah keberadaanya kepermukaan bebas dimana aliran saluran terbuka memiliki permukaan bebas sedangkan aliran tertutup tidak mempunyai aliran bebas sebab air mengisi penuh seluruh penampang saluran.

Analisa hidrolika bertujuan untuk mencari kondisi debit pada saluran kondisi ekisting serta pada saluran desain. Kondisi debit pada saluran dibandingkan dengan debit banjir rencana periode ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun. Jika $Q_{saluran} > Q_{banjir}$ maka dapat dipastikan bahwa penampang saluran mencukupi untuk mengalirkan debit banjir rencana. Dan kebalikannya jika $Q_{saluran} < Q_{banjir}$ maka dapat dipastikan bahwa saluran drainase yang dirancang

tidak dapat mengalirkan debit banjir rencana dan menyebabkan banjir disekitar area tersebut.

$$Q = V \times A \quad (2.32).$$

Dimana:

- Q = Debit Aliran (m³/detik)
- V = Kecepatan Aliran (m/detik)
- A = Luas Penampang Saluran(m²)

2.11.1 Rumus Empiris Kecepatan Rata-Rata

Distribusi kecepatan pada dasarnya tidak merata disetiap titik pada penampang melintang. Hal ini sangat dipengaruhi oeh adanya permukaan bebas dan gaya gesekan disepanjang dinding saluran. Maka dilakuka pendekatan empiris untuk menghitung kecepatan rata-rata,diantaranya :

a. Rumus Chezy (1769)

Pada awal tahun (1769) seorang insinyur Prancis bernama (Antonius Chezy) mengembangkan untuk pertama kali perumusan kecepatan aliran yang dikenal dengan rumus Chezy yaitu:

$$V = C \sqrt{R i_f} \quad (2.33)$$

Dimana:

- V = Kecepatan rata-rata (m/detik)
- C = Satuan faktor tahanan aliran koefisien Chezy
- i_f = Kemiringan garis energi (m/m)
- R = Jari-jari hidrolis (m)

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

$$C = \frac{41,65 + \frac{0,00251}{S} + \frac{1,4911}{n}}{1 + \left[41,65 + \frac{0,00251}{S} \right] \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (2.34)$$

Dimana :

- n = Koefisien kekasaran dinding saluran
- R = Jari-jari hidrolis

S = Kemiringan dasar saluran

Bazin pada tahun 1897 melalui penelitiannya menetapkan harga C sebagai berikut :

$$C = \frac{149,6}{1+m_f/R} \quad (2.35)$$

Dimana :

m = Koefisien Bazin

R = Jari-jari hidrolis

Untuk menetapkan harga C melalui penelitian-penelitian di lapangan dimana semua menyatakan bahwa besarnya hambatan ditentukan oleh bentuk kekasaran dinding dan dasar saluran, faktor geometri dan kecepatan aliran.

b. Manning (1889)

Rumus manning yang paling terkenal dan paling banyak di gunakan karena mudah pemakainnya.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.36)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran (m/det)

n = Angka kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis

S = Kemiringan saluran (m/m)

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

$$V = C \sqrt{R i_f} = \frac{1}{n} R^{2/3} i_f^{1/2}$$
$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

(2.37)

Dimana:

R = Jari-jari hidrolis

i_f = Kemiringan saluran

n = koefisien Manning

Tabel 2.10 Harga (n) untuk tipe dasar dan dinding saluran

NO	Tipe saluran	Harga(n)
1	Saluran dari pasangan batu tanpa plesteran	0,025
2	Saluran dari pasangan batu dengan pasangan	0,015
3	Saluran dari beton	0,017
4	Saluran alam dengan rumput	0,02
5	Saluran dari batu	0,025

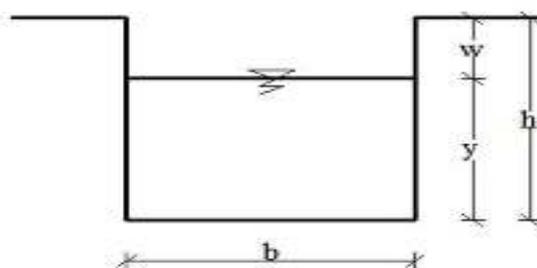
Sumber : (Manning) 1889

2.11.2 Penampang Saluran Drainase

Saluran untuk drainase tidak terlalu berbeda dengan saluran air lain pada umumnya. Dalam perencanaan di mensi saluran di usahakan menggunakan di mensi dengan penampang yang ekonomis. Saluran paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewatkan debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan dasar tertentu. Penjabaran singkat terhadap bentuk penampang yang efisien adalah sebagai berikut (suripin 2004) :

a. Penampang persegi

Penampang berbentuk persegi dengan lebar dasar (B) dan kedalam air (H), luas penampang basah (A), dan keliling basah (P) dapat di tuliskan:



Gambar 2.11 penampang persegi

Luas penampang saluran (A)

$$A = B \times h \quad (2.38)$$

Dimana :

A = Luas penampang saluran(m²)

B = Lebar bawah (m)

h = Kedalaman saluran (m)

Keliling basah saluran (P)

$$P = B + 2Kh \quad (2.39)$$

Dimana :

P = Keliling basah(m)

B = Lebar bawah(m)

h = Kedalaman saluran(m)

Jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.40)$$

Dimana :

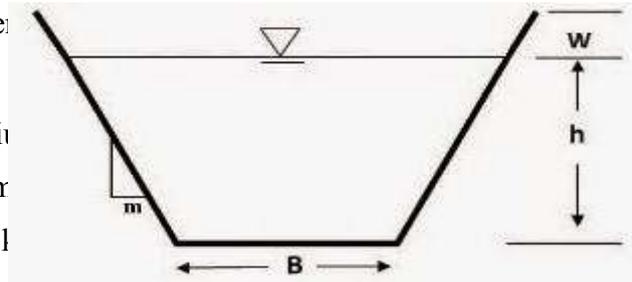
R = Jari-jari hidrolis (m)

A = Luas penampang (m)

P = Keliling basah (m)

Bentuk penampang melintang persegi yang paling efisien adalah ketika jika kedalaman air setinggi kedalaman air.

- b. Penampang trapesium
Luas penampang trapesium melintang (B) dan l



Gambar 2.12 Penampang trapesium

Luas penampang saluran (A)

$$A = (B + mh)h \quad (2.41)$$

Keliling Basah (p)

$$P = B + 2h(m^2 + 1)^{0.5} \quad (2.42)$$

Jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.43)$$

Dimana:

A = Luas penampang basah (m^2)

B = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi muka air (m)

m = Kemiringan dinding saluran

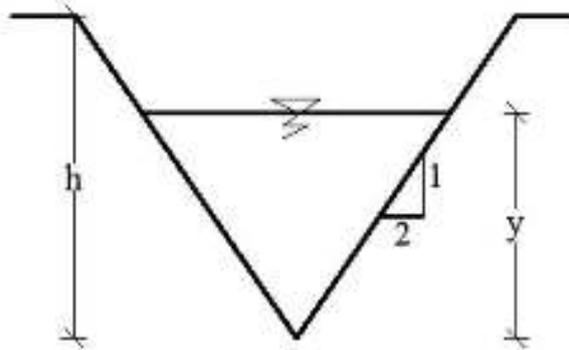
R = Jari-jari hidrolis (m)

P = Keliling basah saluran

w = Jarak dari permukaan air ke puncak saluran (m)

c. Penampang segi tiga

Pada potongan melintang saluran yang berbentuk segitiga dengan kemiringan sisi terhadap garis vertikal (θ) dan kedalaman air (h).



Gambar 2.13 Penampang segitiga

Luas penampang saluran (A)

$$A = m^2 \tan^2 \theta \text{ atau } = \sqrt{\frac{A}{\tan^2 \theta}} = A = mh^2 \quad (2.44)$$

Dimana:

A = Luas penampang saluran (m^2)

Keliling basah penampang (P)

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

$$P = \quad = \quad (2) \quad \sec \theta$$

(2.45) Jari-jari Hidraulik penampang (R)

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.46)$$

Saluran berbentuk segi tiga yang paling ekonomis adalah jika kemiringan dindingnya membentuk 45° atau $m = 1$

2.12 Kecepatan Aliran Drainase

Kecepatan dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik lainnya. Hal ini disebabkan adanya tegangan geser didasar saluran, dinding saluran dan keberadaan permukaan bebas. 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 arah aliran yang di perhitungkan. Komponen kecepatan ini bervariasi terhadap kedalaman dari permukaan air. Kecepatan minimum yang diijinkan adalah kecepatan terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan dan tidak merangsang tumbuhnya tanaman *aquatic* dan lumut. Pada umumnya, kecepatan sebesar 0,60-0,90 m/detik dapat digunakan dengan aman apabila presentase lumpur yang ada di air cukup kecil ke cepatan 0,75 m/detik bisa mencegah tumbuhan lumut.

Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar konstruksi saluran tetap aman. Harga (n) Manning tergantung pada kekasaran sisi dan dasar saluran. Harga (n) koefisien manning akan berpengaruh dan mempunyai besar terhadap kecepatan pada saluran terbuka. Selain itu kemiringan saluran juga menambah kecepatan aliran air di saluran terbuka. Bertambah bila kemiringan saluran makin curam. Kecepatan dalam saluran terbuka perlu dibatasi sesuai bahan-bahan yang melapisi dinding saluran terbuka tersebut dan dasar saluran tersebut dikarenakan bila melebihi batas yang disyaratkan akan menimbulkan *scouring* dan rusaknya dinding saluran yang akan berakibat tidak maksimalnya aliran air selanjutnya.

Tabel 2.7 Batas kecepatan aliran berdasarkan bahan dan material

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air diijinkan(m/det)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Beton bertulang	1,50

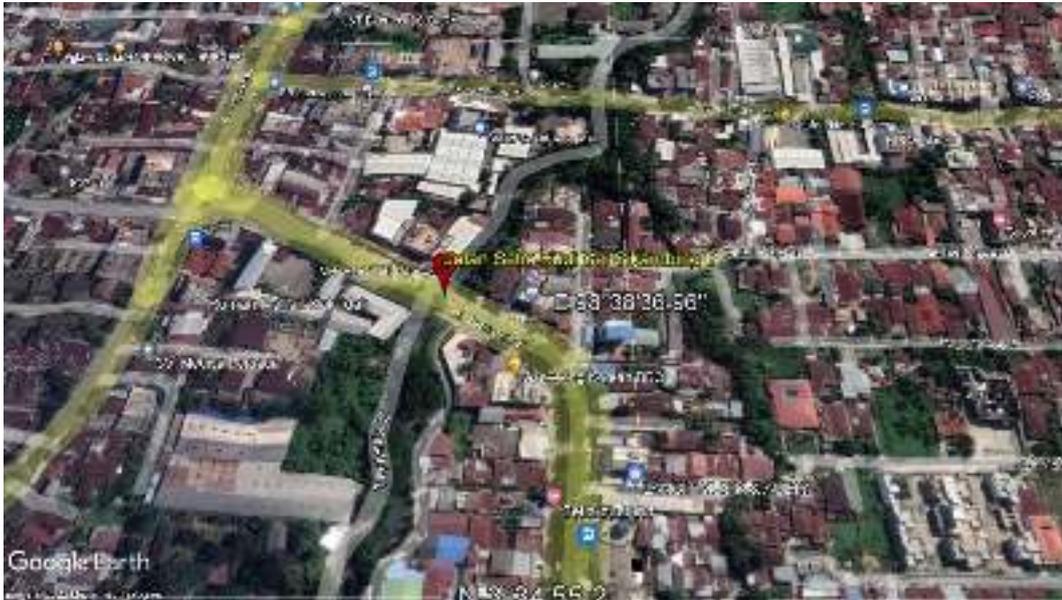
Sumber : Drainase Terapan, 2011

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di salah satu jaringan drainase yang terletak pada salah satu wilayah kota medan, khususnya di Jalan Setia Budi, Sei Sikambang B, Kecamatan Medan Sunggal sepanjang 1 km.



Sumber : *Google Earth*

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Data Yang Digunakan

Dari hasil analisis saluran drainase eksisting pada penelitian ini yang dilakukan di Jalan Setia Budi, Sei Sikambang B, Kota Medan dapat dilihat pada tabel 3.1

- Pengukuran waterpas pada titik mulai daerah tertinggi saluran. BM01

Benang tengah = 1,58

Benang Atas = 1,8

Benang bawah = 1,35

- Panjang saluran BM01 = 59,5

- Tinggi alat (m)

Tinggi alat pada pengukuran saluran di BM01 = 1,43 m

- Lebar saluran BM01 dan P1A (m)

Lebar saluran bawah = 8,3 m

Lebar saluran atas = 10,4 m

- Tinggi saluran BM01 dan P1A (m)

Tinggi saluran BM01 dan P1A = 4,8 m

- Tinggi maksimum air (m)

Tinggi maksimum air BM01 dan P1A = 4,8-1,5 = 3,3 m

Tinggi jagaan (Freeboard) = 1,50

Tabel 3.1 Data Saluran Eksisting

No	Nama Saluran	Benang		Panjang Saluran (m)	Tinggi Alat (m)	Lebar Saluran(m)		Tinggi Saluran (m)	Tinggi maksimum air(m)
		BT	BA			Bawah	Atas		
			BB						
1	BM 01	1,575	1,8	59,5	1,43	8,3	10,4	4,8	3,3
			1,35						
2	P1a	1,55	1,74	60,1					
			1,35						
3	P1b	1,52	1,69	38,2	1,45	8,3	10,2	4,79	3,29
			1,35						
4	P2a	1,52	1,68	90,1					
			1,35						

Lanjutan Tabel 3.1

No	Nama	Benang		Panjang	Tinggi	Lebar		Tinggi	Tinggi
	Saluran	BT	BA	Saluran	Alat	Saluran(m)		Saluran	maksimum
			BB	(m)	(m)	Bawah	Atas	(m)	air(m)
5	P2b	1,51	1,66 1,35	40,9	1,42	8,3	11,3	4,76	3,26
6	P3a	1,50	1,65 1,34	40					
7	P3b	1,48	1,7 1,25	84,3	1,45	8,3	11,3	4,75	3,25
8	P4a	1,34	1,78 0,89	80,76					
9	P4b	1,78	2,05 1,51	40,2	1,38	8,3	11,6	4,73	3,23
10	P5a	0,45	0,47 0,43	72					
11	P5b	0,25	0,45 0,05	65,2	1,43	8,3	11,5	4,71	3,21
12	P6a	1,11	1,46 0,76	81					
13	P6b	1,34	1,76 0,92	49	1,49	8,3	11,7	4,70	3,20
14	P7a	1,34	1,72 0,95	93					
15	P7b	1,31	1,51 1,11	33,1	1,52	8,3	10,3	4,69	3,13
16	P8a	1,02	1,21 0,82	35,3					
17	P8b	1,41	1,59 1,22	34,2	1,54	8,3	11,2	4,67	3,17
18	P9a	1,34	1,78 0,89	34,2					
19	P9b	1,52	1,81 1,22	46	1,38	8,3	10,4	4,68	3,18
20	P10	1,24	1,54 0,94	39					

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

Pada penelitian ini data yang di butuhkan :

1) Data Primer

Data primer yang digunakan berupa :

- a. Profil melintang (*Cross section*) saluran penampang drainase, tinggi dan lebar satuan (m) dan arah aliran.
- b. Data material yang dasar saluran sebagai pembentuk penampang saluran drainase untuk mengetahui koefisien manning yang akan digunakan.
- c. Pengukuran elevasi profil memanjang (*Long section*)
- d. Titik banjir daerah studi kasus

2) Data sekunder

Data sekunder yang di gunakan pada penelitian ini :

- a. Data topografi dari instansi terkait
- b. Data curah hujan dari stasiun hujan yang berpengaruh pada aliran di sistem drainase yang di teliti dengan rentang data ± 10 tahun di masing-masing stasiun

3.3 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- 1) Water Pas dan rambu ukur
- 2) Alat Tulis
- 3) Meteran
- 4) Kamera
- 5) Laptop
- 6) Global Positioning System(GPS)

3.4 Langkah Pengerjaan

- 1) Pengumpulan data dan survey.

Tahapan yang pertama adalah mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian baik data.

- 2) Merencanakan pola aliran.

Merencanakan pola aliran adalah dimana merencanakan dan mendesain pola aliran air yang ada jaringan saluran drainase sesuai elevasi kontur, pengukuran *LOGITUDINAL SECTION* dan *CROSS SESECTION* di Jalan Setia Budi Sei Sikambing B,Kota Medan, sehingga air mengalir air dengan gravitasinya.Perhitungan debit rencana

Perhitungan debit rencana didapatkan dari beberapa analisis yang diantaranya:

a. Analisis data hujan

Data curah hujan yang didapat dari data sekunder lalu setelah itu mencari luas pengaruh stasiun hujan terhadap daerah aliran sistem drainase dengan salah satu metode antara Polygon Thiessen, Isohyet, ataupun Rata-Rata Aritmatika dengan pertimbangan syarat yang dijabarkan pada bab II.

b. Analisa frekuensi hujan, untuk menentukan model distribusi perhitungan curah hujan dengan periode ulang yang tepat dengan paramater koefisien variansi, koefisien skewness dan koefisien kurtosis.

c. Analisis frekuensi data hujan

Dalam analisis Frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu: Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III, dengan pertimbangan syarat yang dijabarkan pada bab II.

d. Data penggunaan lahan dan data topografi menghasilkan analisa perhitungan antara luasan dengan koefisien aliran permukaan (C). Bentuk topografi, jenis penggunaan lahan dan jenis tanah sangat mempengaruhi nilai dari koefisien aliran permukaan (C).

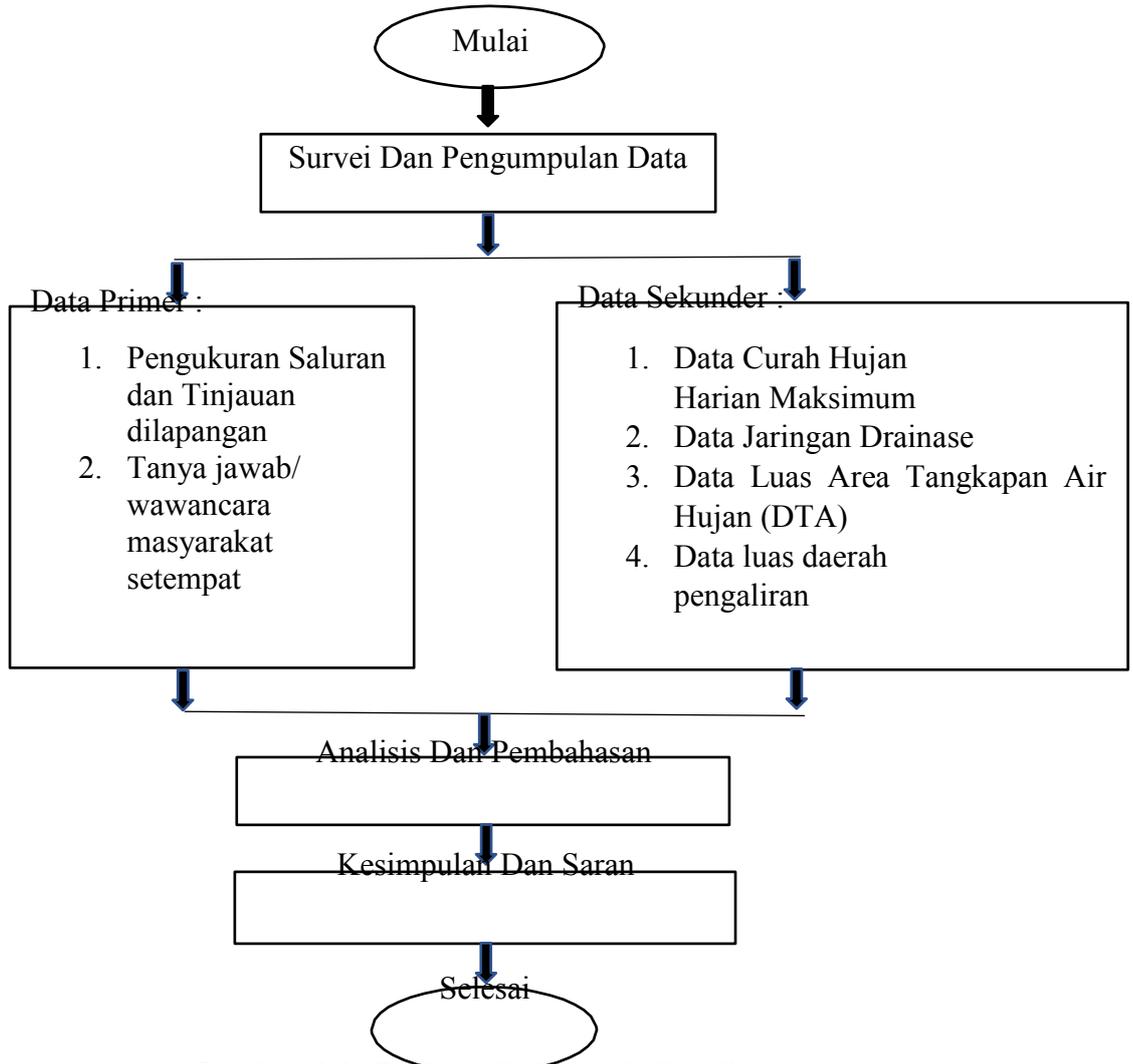
e. Menganalisa pola arah aliran drainase eksisting

3) Perhitungan debit penampang saluran eksisting.

Debit dicari dengan persamaan $Q = V \times A$ yang dimana A adalah luas penampang yang didapatkan dari hasil perencanaan dan V didapatkan berdasarkan (Rumus Manning) pada saluran terbuka yaitu: $V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$.

4) Pemeriksaan debit saluran eksisting (Q_s) dengan debit banjir rencana (Q_r). Selanjutnya yaitu pemeriksaan debit saluran eksisting dengan debit banjir rencana. Bila $Q_s > Q_r$ maka tidak perlu adanya redesain namun bila $Q_r > Q_s$ maka redesain harus dilakukan.

3.5 Diagram alir penelitian



Gambar 3,2 Gambar Bagan Alir Penelitian