

BAB II

LANDASAN TEORI

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). Menurut Suripin (2004:7) dalam bukunya yang berjudul Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan, drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

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. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air dan banjir.

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

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

Sesuai dengan prinsip sebagai jalur pembuangan maka pada waktu hujan, air yang mengalir di permukaan diusahakan secepatnya dibuang agar tidak menimbulkan genangan yang dapat mengganggu aktivitas dan bahkan dapat menimbulkan kerugian (R. J. Kodoatie, 2005).

Adapun fungsi drainase menurut R. J. Kodoatie adalah:

- a. Membebaskan suatu wilayah (terutama yang padat dari permukiman) dari genangan air, erosi, dan banjir.

- b. Karena aliran lancar maka drainase juga berfungsi memperkecil resiko kesehatan lingkungan bebas dari malaria (nyamuk) dan penyakit lainnya.
- c. Kegunaan tanah permukiman padat akan menjadi lebih baik karena terhindar dari kelembaban.
- d. Dengan sistem yang baik tata guna lahan dapat dioptimalkan dan juga memperkecil kerusakan-kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan lainnya.

2.2 JENIS JENIS DAN POLA DRAINASE

2.2.1 Jenis – Jenis Drainase

1. Menurut cara terbentuknya

a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Terbentuk secara alami, tidak ada unsur campur tangan manusia serta tidak terdapat bangunan-bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain.

b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, kecepatan resapan air dalam tanah dan dimensi saluran serta memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

2. Menurut letak saluran

a. Drainase Muka Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

b. Drainase Bawah Tanah (*Sub Surface Drainage*)

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

3. Menurut fungsi

a. *Single Purpose*

Saluran berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja, misalnya air hujan atau jenis air buangan lain seperti air limbah domestik, air limbah industry dan lain-lain.

b. *Multy Purpose*

Saluran berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut konstruksi

a. Saluran Terbuka

Saluran untuk air hujan yang terletak di area yang cukup luas. Juga untuk saluran air non hujan yang tidak mengganggu kesehatan lingkungan.

b. Saluran Tertutup

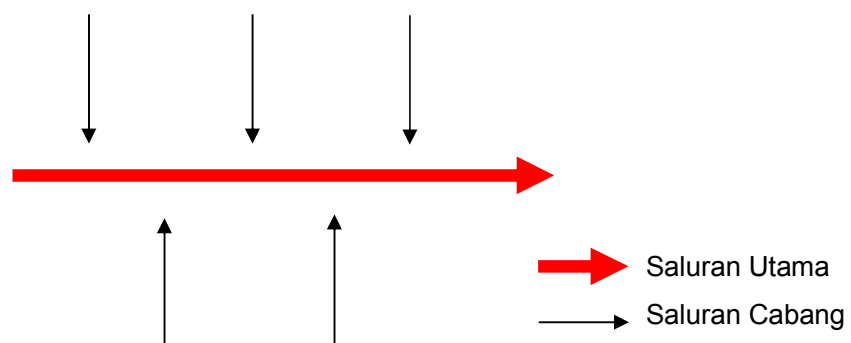
Saluran air untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan Juga untuk saluran dalam kota.

2.2.2 Pola Drainase

1. Siku

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

Gambar 2.1 Jaringan Drainase Siku

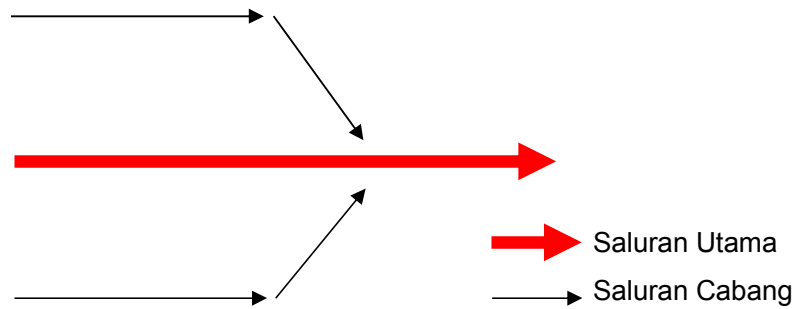


Sumber : Hasmar.2011

2. Paralel

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

Gambar 2.2 Jaringan Drainase Paralel



Sumber : Hasmar.2011

3. Grid iron

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

Gambar 2.3 Jaringan Drainase Grid Iron

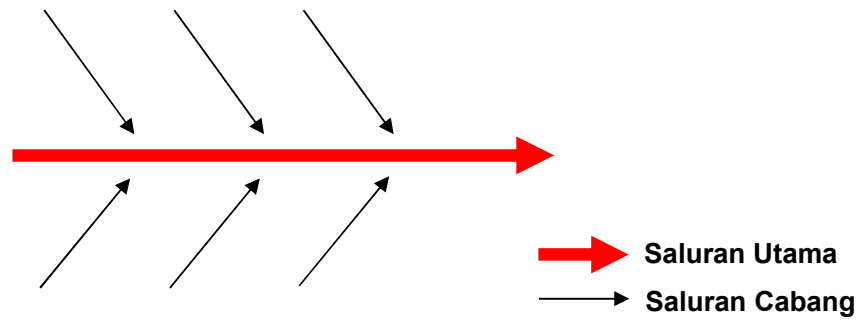


Sumber : Hasmar.2011

4. Alamiah

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

Gambar 2.4 Jaringan Drainase Alamiah

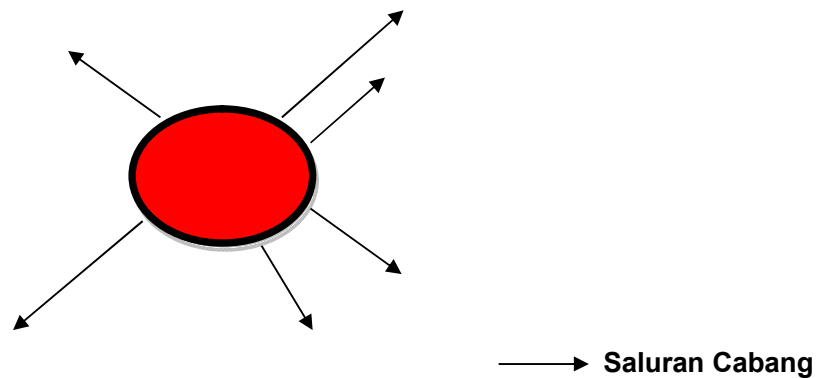


Sumber : Hasmar.2011

5. Radial

Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah

Gambar 2.5 Jaringan Drainase Radial

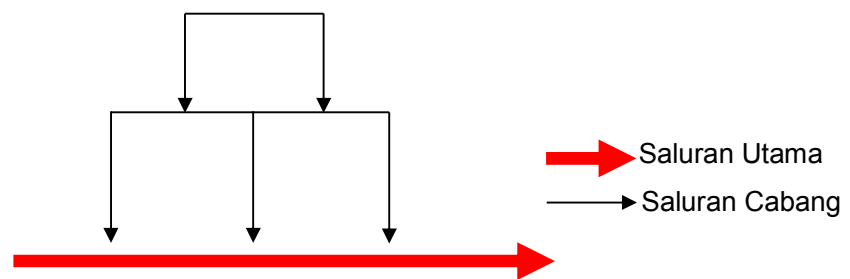


Sumber : Hasmar.2011

6. Jaring-jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.

Gambar 2.6 Jaringan Drainase Jaring-jaring



Sumber : Hasmar.2011

- Saluran Utama adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus membahayakan daerah yang dilaluinya.
- Saluran Cabang adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya dibuang ke saluran utama.

2.3 BENTUK PENAMPANG SALURAN

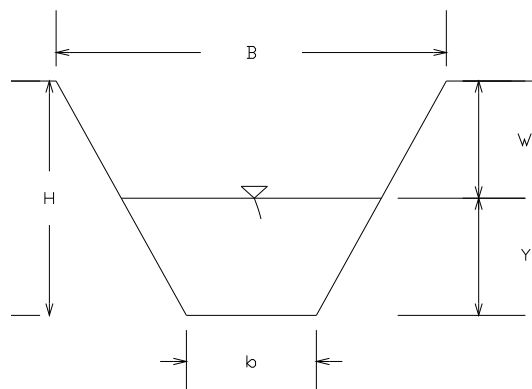
Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis atau sesuai dengan kebutuhan, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai.

Adapun bentuk-bentuk saluran antara lain :

1. Trapesium

Pada umumnya saluran ini terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Saluran ini memerlukan cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.

Gambar 2.7 Penampang Trapesium

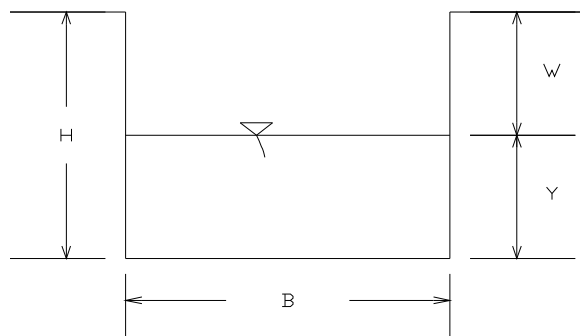


Sumber: Drainase Perkotaan (SNI 03-3424-1990)

2. Persegi

Saluran ini terbuat dari pasangan batu dan beton. Bentuk saluran ini tidak memerlukan banyak ruang dan areal. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.

Gambar 2.8 Penampang Persegi

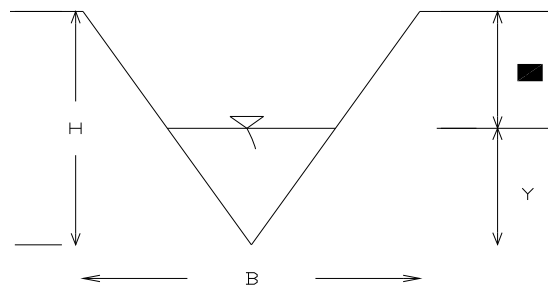


Sumber: Drainase Perkotaan (SNI 03-3424-1990)

3. Segitiga

Saluran ini sangat jarang digunakan tetap mungkin digunakan dalam kondisi tertentu.

Gambar 2.9 Penampang Segitiga

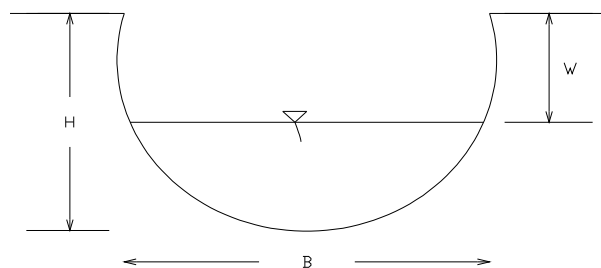


Sumber: Drainase Perkotaan (SNI 03-324-1990)

4. Setengah lingkaran

Saluran ini terbuat dari pasangan batu atau dari beton dengan cetakan yang telah tersedia. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.

Gambar 2.10 Penampang Setengah Lingkaran



Sumber: Drainase Perkotaan (SNI 03-324-1990)

2.4 SISTEM JARINGAN DRAINASE

2.4.1 Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Pada umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (*major system*) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliranyang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal dan sungai sungai. Perencanaan drainase mayor ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5-10 tahun dan pengukuran topografi yang detail diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

2.4.2 Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran atau selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar.

(Allafa : 2008)

2.5 KUANTITAS AIR HUJAN

Kuantitas air hujan atau curah hujan (CH) adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) diatas permukaan horizontal bila tidak terjadi *evaporasi*, aliran *run off*, dan *infiltrasi*.

2.5.1 Pengukuran Hujan

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisa hidrologi pada perencanaan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama 1 hari. Untuk berbagai kepentingan perencanaan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian akan tetapi juga distribusi jam-jaman atau menitan. Hal ini akan membawa konsekuensi dalam pemilihan data dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis.

2.5.2 Alat Ukur Hujan

Dalam praktek pengukuran hujan terdapat 2 jenis alat ukur hujan, yaitu :

1. Alat Ukur Hujan Biasa (*Manual Raingauge*)

Data yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ini berupa data hasil pencatatan oleh petugas pada setiap periode tertentu. Alat pengukur hujan ini berupa corong dan sebuah gelas ukur yang masing-masing berfungsi untuk menampung jumlah air hujan dalam 1 hari (hujan harian)

2. Alat Ukur Hujan Otomatis (*Automatic Raingauge*)

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat ini berupa data pencatatan secara terus menerus pada kertas pencatat yang dipasang pada alat ukur. Berdasarkan data ini akan dapat dilakukan analisa untuk memperoleh besaran intensitas hujan.

Tipe alat ukur hujan otomatis ada 3, yaitu :

- *Weighting Bucket Raingauge*
- *Float Type Raingauge*
- *Tipping Bucket Raingauge*

2.6 DEBIT HUJAN RENCANA

2.6.1 Pemilihan Data Hujan

Penentuan besar hujan rencana memerlukan data hujan jam-jaman maksimum tahunan atau kalau data tersebut tidak ada dapat menggunakan data hujan harian maksimum. Data hujan yang dibutuhkan dalam analisis hidrologi biasanya adalah data curah hujan rerata dari daerah yang bersangkutan. Secara teoritis, semakin tinggi kerapatan jaringan, data yang diperoleh semakin baik dan mewakili, tetapi pada prakteknya akan membutuhkan biaya dan waktu yang besar. Sehingga para hidrologiwan diharapkan mampu menentukan suatu jaringan stasiun hujan yang dapat mewakili daerah yang diteliti.

Dalam pemilihan jaringan lokasi stasiun, harus direncanakan untuk menghasilkan gambaran yang mewakili distribusi daerah hujan. Satu alat ukur curah hujan dapat mewakili beberapa km persegi, tergantung pada penempatan letak stasiun dan fungsinya. Jaringan stasiun yang relative renggang cukup untuk hujan besar yang biasa untuk menentukan nilai rata-rata tahunan di atas daerah luas yang datar. Sedangkan jaringan yang sangat rapat dibutuhkan guna menentukan pola hujan dalam hujan yang lebat disertai guntur (Soemarto, 1999). Kerapatan minimum

jaringan stasiun curah hujan telah direkomendasikan *World Meteorological Organization* sebagai berikut :

1. Untuk daerah datar pada zona beriklim sedang, mediteranian, dan tropis, 600 km² sampai 900 km² untuk setiap stasiun.
2. Untuk daerah pegunungan pada zona beriklim sedang, mediteranian, dan tropis, 100 km² sampai 250 km² untuk setiap stasiun.
3. Untuk pulau-pulau dengan pegunungan kecil dengan hujan yang tak beraturan, 25 km² untuk setiap stasiun.
4. Untuk zona-zona kering dan kutub, 1.500 km² sampai 10.000 km² untuk setiap stasiun

Sehingga curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam mm (Soemarto, 1999).

2.6.2 Uji Konsistensi

Uji konsistensi bertujuan untuk menguji kebenaran data yang diperoleh, karena data hasil dari pengukuran curah hujan tidak sepenuhnya benar. Kesalahan data disebabkan karena perubahan lokasi stasiun hujan, perubahan sistem lingkungan atau perubahan prosedur pengamatan yang sangat berpengaruh terhadap pengukuran curah hujan yang ada. Hasil dari pengukuran tersebut bisa saja tidak sesuai dan tidak konsisten sehingga menyebabkan penyimpangan terhadap hasil perhitungan.

Data hujan disebut konsisten jika data yang terukur dan dihitung adalah teliti dan benar serta sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi. Konsistensi data dari suatu stasiun pengamatan dapat dilakukan dengan metode kurva massa ganda (*double mass curve*). Metode kurva massa ganda digunakan untuk data curah hujan tahunan dengan jangka waktu pengamatan yang panjang. Metode ini membandingkan hujan kumulatif dari stasiun hujan yang diteliti dengan harga-harga kumulatif curah hujan rata-rata dari beberapa stasiun hujan yang berdekatan. Nilai kumulatif tersebut digambarkan pada sistem koordinat kartesian x-y, kurva tersebut diperiksa untuk melihat kemiringan (*trend*). Jika garis berbentuk lurus, berarti data konsisten. Jika kemiringan patah/berubah, berarti data tidak konsisten perlu dikoreksi

dengan mengalikan data setelah kurva berubah dengan perbandingan kemiringan setelah dan sebelum kurva patah.

2.6.3 Pemilihan Distribusi Hujan Rancangan

Distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Pada kenyataannya bahwa tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat atau besaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi (Soewarno, 1995). Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien *skewness* (kecondongan atau kemiringan).

1. Deviasi Standar (S)

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

Rumus ;

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

- S = deviasi standar
- x_i = nilai variat
- $\bar{x}$ = nilai rata-rata
- N = jumlah data

2. Koefisien *Skewness* (Cs)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*asymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*).

Rumus :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - X)^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- CS = koefisien kemencengan
- Xi = nilai variat
- X = nilai rata-rata
- N = jumlah data
- S = standar deviasi

3. Pengukuran Kurtosis (Ck)

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Rumus :

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^4}{S^4} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- Ck = koefisien kurtosis
- Xi = nilai variat
- X = nilai rata-rata
- N = jumlah data
- S = standar deviasi

4. Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

Rumus :

$$C_v = \frac{S}{X} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- Cv = koefisien variasi
- S = standar deviasi
- X = nilai rata-rata

Dari nilai-nilai diatas, kemudian dilakukan pemilihan jenis sebaran yaitu dengan membandingkan koefisien distribusi dari metode yang akan digunakan.

Berdasarkan ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi:

a. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan curah hujan rencana menurut metode distribusi normal, mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$X_T = X + K_T S \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T -tahunan,

X = Nilai rata-rata hitung variat,

S = Deviasi standar nilai variat,

K_T = Faktor frekuensi

Untuk mempermudah perhitungan, nilai faktor frekuensi (K_T) umumnya sudah tersedia dalam tabel, disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*), seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode ulang	T (Tahun)	Peluang K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84

15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	100,000	0,001	3,09

(Sumber : Suripin (2004))

b. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi log normal data X diubah kedalam bentuk logaritmik $Y = \log X$. Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti Distribusi Log Normal. Untuk distribusi Log Normal perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \dots\dots\dots(2.6)$$

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

- Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T- tahun
- $\bar{Y}$ = nilai rata-rata hitung variat
- S = deviasi standar nilai variat
- K_T = faktor frekuensi

c. Distribusi Gumbel

Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

1. Besarnya curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots(2.8)$$

2. Hitung standar deviasi dengan rumus :

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

3. Hitung besarnya curah hujan untuk periode ulang t tahun dengan rumus :

$$X_T = x + \frac{Y_T - Y_n}{\sigma_n} Sd \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

- X_t = Besarnya curah hujan untuk t tahun (mm)
- Y_t = Besarnya curah hujan rata-rata untuk t tahun (mm)
- Y_n = *Reduce mean deviasi* berdasarkan sampel n
- σ_n = *Reduce standar deviasi* berdasarkan sampel
- n = Jumlah tahun yang ditinjau
- S_d = Standar deviasi (mm)
- x = Curah hujan rata-rata (mm) x
- X_i = Curah hujan maximum (mm)

Harga Y_n berdasarkan banyaknya sampel n dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Hubungan *reduce mean* (Y_n) dengan banyaknya sampel (n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	495	449	503	507	510	512	515	518	520	522
20	523	525	526	528	529	530	532	533	534	535
30	536	537	538	538	539	540	541	541	542	543
40	543	544	544	545	545	546	546	547	547	548
50	548	549	549	549	550	550	550	551	551	551
60	552	552	552	553	553	553	553	554	554	554
70	554	555	555	555	555	555	555	556	556	556
80	556	557	557	557	557	558	558	558	558	558
90	558	558	558	559	559	559	559	559	559	559
100	560									

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

Hubungan periode ulang untuk t tahun dengan curah hujan rata - rata dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Periode ulang untuk t tahun

Kala ulang (tahun)	Faktor reduksi (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

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

Harga *reduce standar deviasi* (σ_n) dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Hubungan *reduce standar deviasi* (σ_n) dengan banyaknya sampel (n)

n.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,94	0,96	0,98	,99	1	1,02	,03	1,04	1,04	,05
20	1,06	1,06	1,07	,08	1,08	1,09	,09	1,1	1,1	1,1
30	1,11	1,11	1,11	,12	1,12	1,12	,13	1,13	1,13	,13
40	1,14	1,14	1,14	,14	1,14	1,15	,15	1,15	1,15	,15
50	1,16	1,16	1,16	,16	1,16	1,16	,16	1,16	1,16	,16
60	1,17	1,17	1,17	,17	1,17	1,17	,17	1,17	1,17	,17
70	1,18	1,18	1,18	,18	1,18	1,18	,18	1,18	1,18	,18
80	1,19	1,19	1,19	,19	1,19	1,19	,19	1,19	1,19	,19
90	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
100	1,2									

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

d. Distribusi Log Person III

Distribusi *Log Pearson* Tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi *Log Pearson* Tipe III merupakan hasil dari transformasi dari distribusi *Pearson* tipe III dengan mengganti varian menjadi nilai logaritma. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun diubah dalam bentuk logaritma. Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan *Log Pearson* Type III sebagai berikut (Soemarto, 1999).

1. Hitung rata-rata logaritma dengan rumus :

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

2. Hitung simpangan baku dengan rumus :

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

3. Hitung Koefisien Kemencengan dengan rumus :

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots(2.13)$$

4. Hitung logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu :

$$\text{Log } X_T = \log X + K.Sd \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

$\text{Log } X$ = Rata-rata logaritma data

n = Banyaknya tahun pengamatan

Sd = Standar deviasi

G = Koefisien kemencengan

K =Variabel standar (*standardized variable*) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemiringan G

Besarnya harga K berdasarkan nilai G dan tingkat probabilitasnya dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Distribusi Log Pearson Type III untuk Koefisien Kemencengan G

Interval kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef, G Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)								
	99	80	50	20	10	4	2	1
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	2,922	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
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	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
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
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-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	0,363	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber : Suripin, 2004)

2.6.4 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi pada suatu daerah tertentu pada periode ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perhitungan dalam perencanaan suatu dimensi bangunan air. Menentukan curah hujan rerata harian maksimum daerah dilakukan berdasarkan pengamatan beberapa stasiun pencatat hujan. Perhitungan curah hujan rata-rata maksimum ini dapat menggunakan beberapa metode, diantaranya menggunakan metode rata –rata aljabar, garis Isohiet, dan poligon Thiessen .

A. Cara rata-rata Aljabar

Cara ini menggunakan perhitungan rata-rata secara aljabar, tinggi curah hujan diambil dari harga rata-rata dari stasiun pengamatan di dalam daerah yang ditinjau.

Persamaan rata-rata aljabar :

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

R = Curah hujan rata-rata rendah.

n = Jumlah titik atau pos pengamatan.

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = curah hujan ditiap titik pengamatan.

B. Cara Garis Isohiet

Peta isohiet digambarkan pada peta topografi dengan perbedaan (*interval*) 10 mm sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan didalam dan di sekitar daerah yang dimaksud. Luas daerah antara dua garis isohiet yang berdekatan diukur dengan *planimeter*. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis *isohiet* yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian daerah itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut:

$$R = A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n \dots\dots\dots(2.16)$$

$$A_1 + A_2 + \dots + A_n \dots\dots\dots(2.17)$$

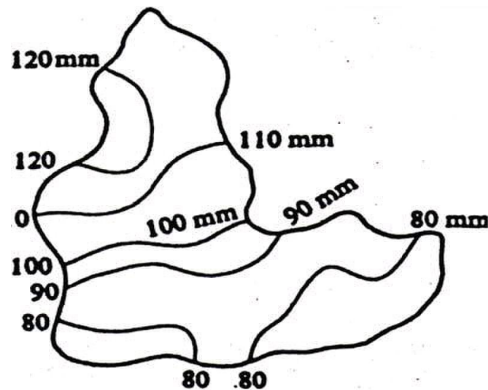
Dimana :

R = Curah hujan daerah

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas daerah yang mewakili titik pengamatan

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = Curah hujan setiap titik pengamatan.

Gambar 2.11 Garis Isohiet



Sumber : Hasmar.2011

C . Metode Poligon Thiessen

Cara ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu. Dan luas tersebut merupakan faktor koreksi (*weighing factor*) bagi hujan di stasiun yang bersangkutan.

Luas masing-masing daerah tersebut diperoleh dengan cara berikut:

- 1) Semua stasiun yang terdapat didalam dihubungkan dengan garis sehingga terbentuk jaringan segitiga-segitiga.
- 2) Pada masing-masing segitiga ditarik garis sumbunya, dan semua garis sumbu tersebut membentuk poligon.
- 3) Luas daerah yang hujannya dianggap diwakili oleh salah satu stasiun yang bersangkutan adalah daerah yang dibatasi oleh garis-garis poligon tersebut atau dengan batas DAS.
- 4) Luas relatif daerah ini dengan luas DAS merupakan faktor koreksinya. Rumus yang digunakan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$d = p_1 \cdot d_1 + p_2 \cdot d_2 + \dots + p_n \cdot d_n \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

d = Curah hujan harian rerata maksimum (mm)

d_n = Curah hujan pada stasiun penakar (mm)

A_n = Luas daerah pengaruh stasiun pencatat hujan (km²)

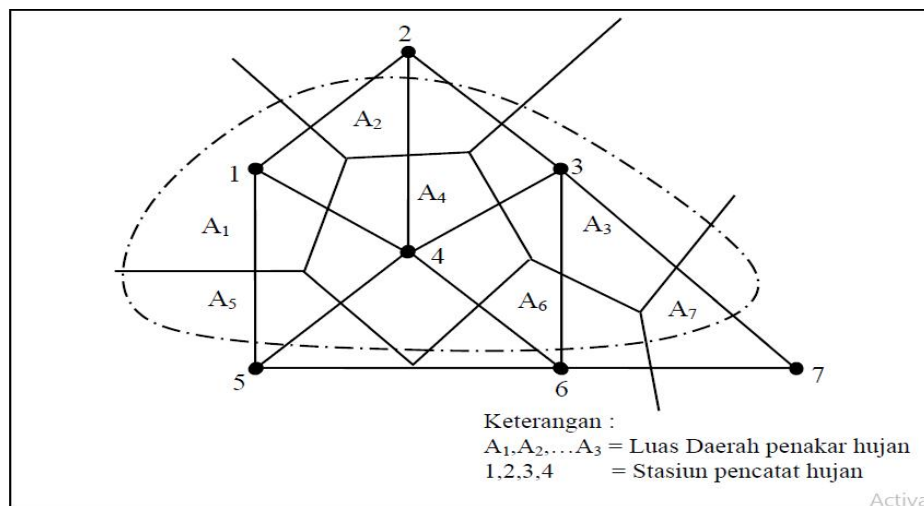
P_n= Faktor koreksi (A_n/Σ A)

Prosedur untuk mendapatkan curah hujan maksimum harian rata-rata daerah adalah sebagai berikut :

- Tentukan curah hujan harian maksimum pada stasiun-stasiun lain pada bulan untuk masing-masing stasiun
- Cari besarnya curah hujan pada stasiun-stasiun lain pada bulan kejadian yang sama dalam tahun sama
- Dalam tahun yang sama, dicari hujan maksimum tahunan untuk stasiun berikutnya
- Dengan metode Thiessen dipilih salah satu yang tertinggi pada setiap tahun

Data curah hujan yang terpilih adalah merupakan data hujan maksimum daerah (*basin rainfall*)

Gambar 2.12 Poligon Thiessen



Sumber: Soemarto (1999)

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

2.6.5 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi. (Wesli, 2008).

Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit. (Suroso, 2006).

Biasanya dalam perencanaan bangunan pengairan (misalnya drainase), debit rencana sangat diperlukan untuk mengetahui kapasitas yang seharusnya dapat ditampung oleh sebuah drainase, agar semua debit air dapat ditampung dan teralirkan. Rumus yang biasa digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan adalah sebagai berikut :

1. Rumus Mononobe :

$$I = (R_{24}/24) \times (24/TC)^{2/3} \text{ (mm/jam)} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$TC = TO - TD \dots\dots\dots(2.21)$$

$$TO = (2/x(3,28 \times L_o \times (nd/\sqrt{s})^{0,167}) \dots\dots\dots(2.22)$$

$$TD = L/60 \times v \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan :

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- TC = Lamanya atau durasi curah hujan (jam)
- R₂₄ = Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang (mm)
- TO = Waktu in-let (menit)
- TD = Waktu aliran dalam saluran (menit)
- LO = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
- L = Panjang saluran (m)
- nd = Angka kekasaran permukaan lahan (tabel)
- S = Kemiringan daerah pengaliran atau kemiringan tanah
- v = Kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dt)

Tabel 2.6 Angka Kekasaran Permukaan Lahan

Tata Guna Lahan	Nd
Lapisan Semen dan Aspal Beton	0,013

Kedap Air	0,020
Timbunan Tanah	0,100
Tanaman pangan/tegalan dengan sedikit rumput pada tanahgundul yang kasar dan lunak	0,200
Padang Rumput	0,400
Tanah gundul yang kasar dengan runtutan dedaunan	0,600
Hutan dan sejumlah semak belukar	0,800

(Sumber :I Made Kamiana, 2011)

2.7 DEBIT BANJIR RANCANGAN

2.7.1 Penentuan Batas DAS

Daerah aliran sungai (DAS) didefinisikan sebagai hamparan wilayah yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen, dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada satu titik (*outlet*) (Dunne dan Leopold, 1978). Pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor. Faktor – faktor tersebut adalah sebagai berikut (Suripin ,2004):

1. Jaring-jaring pos penakar hujan dalam DAS
2. Luas DAS
3. Topografi DAS

Tabel 2.7 Cara Memilih Metode Curah Hujan

Faktor-Faktor	Syarat-Syarat	Jenis Metode
Jaring-Jaring Pos Penakar Hujan Dalam DAS	Jumlah Pos Penakar HujanCukup	Metode Isohiet, Thiessen Atau Rata-Rata Aljabar dapat dipakai
	Jumlah Pos Penakar HujanTerbatas	Metode Rata-Rata Aljabar atau Thiessen
	Pos Penakar Hujan Tunggal	Metode Hujan Titik
Luas DAS	DAS Besar (>5000 km ²)	Metode Isohiet
	DAS Sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metode Thiessen
	DAS Kecil (<500 km ²)	Metode Rata-Rata Aljabar

Topografi DAS	Pegunungan	Metode Rata-Rata Aljabar
	Dataran	Metode Thiessen
	Berbukit Dan Tidak Beraturan	Metode Isohiet

(Sumber: Suripin, 2004)

Catchment area adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama.

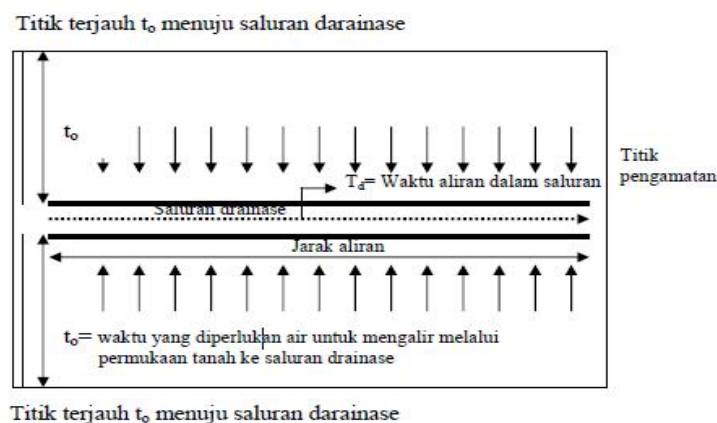
Untuk menentukan daerah tangkapan hujan tergantung kepada kondisi lapangan suatu daerah dan situasi topografinya / elevasi permukaan tanah suatu wilayah disekitar saluran yang bersangkutan yang merupakan daerah tangkapan hujan dan mengalirkan air hujan ke saluran drainase. Untuk menentukan daerah tangkapan hujan (*Cathment area*) sekitar drainase dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau

2.7.2 Waktu Konsentrasi

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

- Inlet time* (t_o) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
- Conduit time* (t_d) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

Gambar 2.13 Lintasan aliran waktu inlet time (t_o) dan conduit time (t_d)



Sehingga waktu konsentrasi dapat dihitung dengan (Suripin, 2004):

$$t_c = t_o + t_d \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

Dengan :

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lo \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \quad \dots\dots\dots(2.25)$$

$$t_d = \frac{L}{60v} \quad \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

- S = Kemiringan saluran,
- L = panjang saluran (m),
- Lo = jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m),
- V = kecepatan rata-rata didalam saluran (m/det)
- nd = Koefisien hambatan berdasarkan tabel 2.9

Tabel 2.8 Kemiringan Saluran Memanjang (S) Berdasarkan Jenis Material

No	JenisMaterial	Kemiringan Saluran (S)(%)
1	Tanah Asli	0 – 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Petunjuk desain drainase permukaan jalan No. 008/T/BNKT/1990, BINA MARGA)

Tabel 2.9 Koefisien Manning

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

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

Tabel 2.10 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air Yang Diizinkan (m/detik)
Pasir Halus	0,45

Lempung Kepasiran	0,5
Lanau Alluvial	0,6
Kerikil Halus	0,75
Lempung Kokoh	0,75
Lempung Padat	1,1
Kerikil Kasar	1,3
Batu-Batu Besar	1,5
Pasangan Batu	1,5
Beton	1,5
Beton Bertulang	1,5

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

2.7.3 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jamjaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- t = lamanya hujan (jam)
- R24 = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)(mm).

2.7.4 Analisis Debit Banjir Rancangan

Banjir rancangan adalah besarnya debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan mendimensi bangunan-bangunan hidraulik (termasuk bangunan di sungai), sedemikian hingga kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui.

Dalam praktek analisis hidrologi terdapat beberapa cara yang dapat ditempuh untuk menetapkan debit banjir rancangan. Masing-masing cara akan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut :

- Ketersediaan data,
- Tingkat kesulitan yang dikehendaki,
- Kesesuaian cara dengan das yang ditinjau.

Cara analisis dapat dikelompokkan menjadi tiga metode, yaitu:

- Cara Empirik,
- Cara Statistik,
- Analisis dengan model Hidrologi.

Cara empirik adalah metode pendekatan dengan rumus rasional. Cara ini diterapkan apabila tidak tersedia data debit yang cukup panjang tetapi tersedia data hujan harian yang panjang. Terdapat empat metode perhitungan banjir rancangan yang dikembangkan berdasarkan prinsip pendekatan rasional, yaitu: metode rasional, metode Der Weduwen, metode Haspers dan metode HSS Gamma I.

Untuk metode Rasional, metode Weduwen dan Haspers termasuk dalam non-hidrograf banjir rancangan sedangkan untuk hidrograf banjir rancangan menggunakan Metode HSS Gamma I seperti yang dipergunakan dalam Standar Perencanaan Irigasi KP-O1 , yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum tahun 1986.

2.7.4.1 Debit Banjir Rencana Non-Hidrograf

1. Metode Rasional

$$Q \text{ Air Hujan} = 0.278 C I A \dots\dots\dots(2.28)$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \frac{24^3}{t} \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan :

Q = Debit limpasan (m³/det)

C = Koefesien pengaliran (tabel 2.11)

I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

$$w = 72 * \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan :

w = Waktu Kecepatan Perlambatan (m/det atau km/jam)

L = Jarak Dari Ujung Daerah Hulu Sampai Titik Yang Ditinjau (km)

H = Beda Tinggi Ujung Hulu Dengan Titik Tinggi Yang Ditinjau (m)

Tabel 2.11 Koefisien Limpasan

No.	Kondisi Tanah Permukaan	Harga C
1	Jalan Beton dan jalan aspal	0.70 - 0.95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0.40 – 0.70
3	Bahu jalan	
	Tanah berbutir halus	0.40 – 0.65
	Tanah berbutir kasar	0.10 – 0.20
	Batuan masif kasar	0.70 – 0.85
	Batuan masif lunak	0.70 – 0.95
4	Daerah perkotaan	0.70 – 0.95
5	Daerah pinggiran kota	0.60 – 0.70
6	Daerah industri	0.60 – 0.90
7	Pemukiman padat	0.40 – 0.60
8	Pemukiman tidak padat	0.40 – 0.60
9	Taman dan kebun	0.20 – 0.40
10	Persawahan	0.45 – 0.60
11	Perbukitan	0.70 – 0.80
12	Pegunungan	0.75 – 0.90

(Sumber : Subarkah, 1980)

Tabel 2.12 Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah	Tata guna lahan	Koeff. limpasan
Campuran pasir dan atau	Pertanian	0,20
Campuran kerikil	Padang rumput	0,15
	Hutan	0,10
Geluh dan sejenisnya	Pertanian	0,40
	Padang rumput	0,35
	Hutan	0,30
Lempung dan sejenisnya	Pertanian	0,50
	Padang rumput	0,45
	Hutan	0,40

(Sumber : Subarkah, 1980)

2. Metode Weduwen

Rumus dari Metode *Weduwen* adalah sebagai berikut

$$Q_t = \alpha \times \beta \times q_n \times A \dots\dots\dots (2.31)$$

$$t = 0,25 LQ^{-0,125} I^{-0,25} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$\beta = \frac{120 + [(t+1)(t+9)]A}{120 + A} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$q_n = \frac{R_n \times 67,65}{240t + 1,45} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta q_n + 7} \dots\dots\dots (2.35)$$

Keterangan :

Q_t	= Debit banjir rencana (m^3/det)
R_n	= Curah hujan maksimum (mm/hari)
q_n	= Debit Persatuan Luas ($m^3/det.km^2$)
α	= Koefisien Pengaliran
B	= Koefisien Pengurangan Daerah Untuk Curah Hujan DAS
t	= Waktu Konsentrasi (jam)
A	= Luas Daerah Pengaliran (km^2)

Koefisien pengaliran (α) tergantung dari beberapa faktor antara lain jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk pengaliran sungai. Sedangkan besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.13

Tabel 2.13 Koefisien Pengaliran

Kondisi Daerah Pengaliran	Koefisien Pengaliran (α)
Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75 – 0,90
Daerah perbukitan	0,70 – 0,80
Tanah bergelombang dan bersemak-semak	0,50 – 0,75
Tanah dataran yang digarap	0,45 – 0,65
Persawahan irigasi	0,70 – 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50 – 0,75

(Sumber : *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Ir.Joesron Loebis, M.Eng).

3. Metode Hasper

Perhitungan debit banjir dengan metode Hasper diberikan sebagai persamaan yang merupakan fungsi dari koefisien pengaliran, koefisien reduksi, intensitas hujan, dan luas daerah pengaliran yang dirumuskan sebagai :

$$Q_t = \alpha \times \beta \times q_n \times A \dots\dots\dots (2.36)$$

$$\alpha = \frac{1+0.012 \times A^{0.7}}{1+0.075 \times A^{0.7}} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$q_n = \frac{t \cdot R_t}{3,6 t} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$R_t = \frac{t \cdot R_t}{1 + t} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{1+3.7 \times 10^{0.4 \times t}}{t^2 + 15} \times \frac{A^{\frac{3}{4}}}{12} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$t = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} \dots\dots\dots (2.41)$$

Keterangan :

- Qt = debit puncak banjir (m3/detik)
- α = koefisien pengaliran
- β = koefisien reduksi
- qn = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (km2)
- L = panjang sungai utama (km)
- S = kemiringan dasar sungai rata-rata
- t = waktu konsentrasi

2.7.4.2 Debit Banjir Rencana Hidrodraf

1. Metode Hidrograf Satuan Sintetik GAMA I

Cara ini dipakai sebagai upaya memperoleh hidrograf satuan suatu DAS yang belum pernah diukur. Dengan pengertian lain tidak tersedia data pengukuran debit maupun data AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) pada suatu tempat tertentu dalam sebuah DAS yang tidak ada stasiun hidrometernya (Soemarto, 1999). Hidrograf satuan Sintetik Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (*TR*), debit puncak (*Qp*) dan waktu dasar (*TB*).

Kurva naik merupakan garis lurus, sedangkan kurva turun dibentuk oleh persamaan sebagai berikut :

$$Q_t = Q_p \times e^{-t/k} \dots\dots\dots (2.42)$$

Keterangan :

- Qt = debit yang diukur dalam jam ke-t sesudah debit puncak dalam (m³/det)
- Qp = debit puncak dalam (m³/det)
- t = waktu yang diukur dari saat terjadinya debit puncak (jam)
- k = koefisien tampungan dalam jam

2.7.5 Debit Air Limbah Buangan (Air Kotor)

Debit Air Limbah Buangan adalah semua cairan yang dibuang, baik yang mengandung kotoran manusia maupun yang mengandung sisa-sisa proses industri.

Air Buangan dapat dibagi menjadi 4 golongan, yaitu :

a. Air Kotor :

Air buangan yang berasal dari kloset, peturasan, bidet dan airbuangan yang mengandung kotoran manusia yang berasal dari alat-alat plambing.

b. Air Bekas :

Air buangan yang berasal dari alat-alat plambing lainnya seperti bak mandi, baik cuci tangan, bak dapur dan lain-lain.

c. Air Hujan :

Air buangan yang berasal dari atap bangunan, halaman dan sebagainya.

d. Air Buangan Khusus :

Air buangan yang mengandung gas, racun atau bahan-bahan berbahaya seperti berasal dari pabrik, air buangan laboratorium, tempat pengobatan, tempat pemeriksaan di rumah sakit, rumah pemotongan hewan, air buangan yang bersifat radio aktif yang dibuang dari pusat Listrik Tenaga Nuklir.

Debit air limbah rumah tangga didapat dari 60% - 70% suplai air bersih setiap orang, diambil debit limbah rumah tangga 70% dan sisanya dipakai pada proses industri, penyiraman kebun-kebun dan lain-lain. Debit air kotor ini dapat dihitung menggunakan rumus :

Besarnya air limbah buangan dipengaruhi oleh :

1. Jumlah orang setiap rumah.
2. Kebutuhan air bersih rata-rata tiap orang untuk perumahan 100 – 200 l/orang/hari
3. Kebutuhan air bersih rata-rata tiap orang untuk sarana ibadah (masjid,Gereja,dll)
4. Faktor puncak (Fp) diperoleh berdasarkan jumlah penduduk yang ada di Perumahan Nasional.

Air limbah rumah tangga didapat berdasarkan kebutuhan air bersih dan diambil 70%, sisanya dipakai pada proses industri, penyiraman kebun, dan lain-lain.

Data terkait Jumlah penduduk didapat dari kelurahan Nefonaek dan lembaga BPS (Badan pusat Statistik) Kota Kupang.

Tabel 2.14 Nilai factor puncak untuk beberapa kategori kota

No.	Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Faktor Puncak
1	Metro	> 1.000.000	1.5
2	Besar	500.000 – 1.000.000	1.5
3	Sedang	100.000 – 500.000	1.5
4	Kecil	20.000 – 100.000	1.5
5	Desa	< 20.000	1.5

(Sumber: DPU Cipta Karya,1998)

Tabel 2.15 Standar kebutuhan air minum

No.	Jenis pemakaian	Kebutuhan
1	Sambungan rumah	150 l/orang/hari
2	Hidran umum	30 l/orang/hari
3	Sekolah	10 l/murid/hari
4	Kantor	10 l/pegawai/hari
5	Rumah sakit	200 l/tt/hari
6	Puskesmas	2000 l/unit/hari
7	Pasar	12m ³ l/hektar/hari
8	Restourant	100 l/kursi/hari
9	Hotel/penginapan	150 l/tt/hari

(Sumber: DPU Cipta Karya, 1998)

2.8 HIDROLIKA

Zat cair dapat diangkut dari suatu tempat lain melalui bangunan pembawa alamiah maupun buatan manusia. Bangunan pembawa ini dapat terbuka maupun tertutup bagian atasnya. Saluran yang tertutup bagian atasnya disebut saluran tertutup (*closed conduits*), sedangkan yang terbuka bagian atasnya disebut saluran terbuka (*open channels*).

Pada sistem pengaliran melalui saluran terbuka terdapat permukaan air yang bebas (*free surface*) di mana permukaan bebas ini dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung, saluran terbuka umumnya digunakan pada lahan yang masih memungkinkan (luas), lalu lintas pejalan kakinya relatif jarang, beban kiri dan kanan saluran relatif ringan. Pada sistem pengaliran melalui saluran tertutup (pipa flow) seluruh pipa diisi dengan air sehingga tidak terdapat permukaan yang bebas, oleh karena itu permukaan tidak secara langsung dipengaruhi oleh tekanan udara luar, saluran tertutup umumnya digunakan pada daerah yang lahannya terbatas (pasar, pertokoan), daerah yang lalu lintas pejalan kakinya relatif padat, lahan yang dipakai untuk lapangan parkir.

Berdasarkan konsistensi bentuk penampang dan kemiringan dasarnya saluran terbuka dapat diklasifikasikan menjadi:

- Saluran prismatik (*prismatic channel*), yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya tetap. Contoh : saluran drainase, irigasi.
- Saluran non prismatik (*non prismatic channel*), yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya berubah-ubah.

Contoh : sungai

2.8.1 Pola Aliran Air

Pola aliran air ditentukan dengan pengamatan langsung pada kondisi dilapangan maupun pengukuran serta pengolahan data yang diperlukan seperti :

1. Observasi daerah aliran air pada jalan jalan sekitar Perumahan Nasional menggunakan Peta serta peninjauan secara langsung.
2. Observasi dan penentuan daerah tangkapan air berdasarkan arah atau pola aliran air mengalir dengan menggunakan peta , DTM Total Station dan GPS serta *Software Surfer 10*.
3. Mengidentifikasi masalah pola aliran air serta menentukan arah jalur aliran dan aliran alternative yang dapat digunakan dalam mengurangi limpasan.

2.9 KAPASITAS SALURAN

Menurut Haryono (1999), kapasitas rencana saluran dihitung dengan menggunakan rumus Manning, yang merupakan dasar dalam menentukan dimensi saluran, yaitu sebagai berikut:

$$V = K . R^{2/3} . S^{1/2} \text{ (m/det)} \quad \dots\dots\dots(2.43)$$

$$Q = V . F \text{ (m}^3\text{/det)} \quad \dots\dots\dots(2.44)$$

$$R = \frac{F}{P} \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots(2.45)$$

Keterangan:

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

K = Koefisien kekasaran (tabel 2.6)

R = Radius hidrolis (m)

S = Kemiringan rata-rata saluran

F = Luas penampang basah saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

Q = Debit aliran (m³/det)

Penurunan rumus perhitungan luas penampang basah saluran (F):

$$F = (b + m . y) . y \quad \dots\dots\dots(2.46)$$

Keterangan:

b = Lebar dasar saluran (m)

m = Perbandingan kemiringan lining

y = Ketinggian saluran (m)

Penurunan rumus perhitungan keliling basah saluran (P):

$$P = b + 2.y.\sqrt{1^2 + m^2} \dots\dots\dots(2.47)$$

Keterangan:

- b = Lebar dasar saluran (m)
m = Perbandingan kemiringan lining
y = Ketinggian saluran (m)

Tabel 2.16 Standar Harga Koefisien Kekasaran

No	Material Saluran	Koefisien KekasaranStickler
1	Plesteran halus	77 – 100
2	Plesteran kasar	67 – 91
3	Beton cor dipoles	60 – 77
4	Beton pra cetak	67 – 91
5	Pasangan batu disiar	50 – 67
6	Pasangan batu kosong	42 – 59
7	Pasangan batu bronjong	29 – 50
8	Saluran tanah bersih	30 – 45
9	Saluran tanah dan timbunan	1 – 3

(Sumber: Haryono, 1999)

2.10 DESAIN SALURAN

Debit aliran yang sama dengan debit akibat hujan, harus dialirkan pada saluran bentuk persegi, segitiga, trapesium, dan setengah lingkaran untuk drainase muka tanah (*surface drainage*).

1. Dimensi Saluran

a. Penampang Persegi

i. Luas Penampang (A) = B x H(2.48)

$$= 2H \times H$$

$$= 2H^2(m)$$

ii. Keliling Basah (P) = B + 2H(2.49)

$$= 2H^2 + 2H(m)$$

iii. Jari-Jari Hidrolis ® = A/P(2.50)

$$= \frac{BH}{B + 2H}$$

$$= \frac{2H^2}{2H + 2H}$$

$$= \frac{2H^2}{2H + 2H}$$

$$= \frac{2H^2}{2H + 2H}$$

$$= \frac{BH}{\frac{2H^2}{4H}}$$

$$= \frac{H}{2 \text{ (m)}}$$

1. Kemiringan Saluran

Yang dimaksud kemiringan saluran adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding saluran. Kemiringan dasar saluran ini adalah kemiringan dasar saluran arah memanjang dimana umumnya dipengaruhi oleh kondisi topografi, serta tinggi tekanan diperlukan untuk adanya pengaliran sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

Kemiringan dasar saluran maksimum yang diperbolehkan adalah 0.005 – 0.008 tergantung pada saluran yang digunakan. Kemiringan yang lebih curam dari 0.002 bagi tanah lepas sampai dengan 0.005 untuk tanah padat akan menyebabkan erosi (penggerusan).

Untuk menghitung kemiringan saluran digunakan rumus

a. Kecepatan $(V) = \frac{1}{n} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots \dots \dots (2.51)$

b. Kemiringan Saluran $= (1 + x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots \dots \dots (2.52)$

Keterangan :

- V = Kecepatan aliran air (m/det)
- n = Koefisien kekasaran manning (tabel 2.15)
- R = Radius Hidrolik
- I = Kemiringan saluran

Tabel 2.17 Kemiringan Dinding Saluran Sesuai Jenis Material

Bahan saluran	Kemiringan dinding (m)
Batuan Cadas	0
Tanah Lumpur	0.25
Lempung Keras/Tanah	0.5 – 1
Tanah dengan pasangan batu	1
Lempung	1.5
Tanah berpasir lepas	2
Lumpur berpasir	3

(Sumber: Gunadarma, 2011)

2. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran adalah Subarkah, Iman. 1978. Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air. Idea Dharma. Bandung. kecepatan aliran air pada saluran drainase, yang didapatkan dari tabel 2.14 atau dihitung dengan rumus Manning atau Chezy.

Tabel 2.18 Kecepatan Aliran Sesuai Jenis Material

Jenis Bahan	Vizin (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
Pasangan Batu	1.50
Beton	1.50
Beton Bertulang	1.50

(Sumber: I Made Kamiana, 2010)

a. Rumus Manning : $v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$ (2.53)

b. Rumus Chezy : $v = C \sqrt{R I}$ (2.54)

Keterangan :

V = Kecepatan aliran air (m/det)

n = Koefisien kekasaran manning (tabel 2.15)

R = Radius Hidrolik

I = Kemiringan saluran

C = Koefisien Pengaliran

3. Koefisien Kekasaran Manning

Dari macam-macam jenis saluran, baik berupa saluran tanah maupun dengan pasangan, besarnya koefisien Manning dapat mengacu pada tabel berikut.

Tabel 2.19 Koefisien Kekasaran Manning (n)

Tipe Saluran	Kondisi		
	Baik	Cukup	Kurang
Saluran Buatan			
1. Saluran tanah, lurus beraturan	0.020	0.023	0.025
2. Saluran tanah, digali biasanya	0.028	0.030	0.025
3. Saluran batuan, tidak lurus dan tidak beraturan	0.040	0.045	0.045
4. Saluran batuan, lurus beraturan	0.030	0.035	0.035
5. Saluran batuan, vegetasi pada sisinya	0.030	0.035	0.040
6. Dasar tanah sisi batuan koral	0.030	0.035	0.040
7. Saluran berliku-liku kecepatan rendah	0.025	0.028	0.030
Saluran Alam :			
1. Bersih, lurus, tetapi tanpa pasir dan tanpa celah	0.028	0.030	0.033
2. Berliku, bersih, tetapi berpasir dan berlubang	0.034	0.040	0.045
3. Idem 3, tidak dalam, kurang beraturan	0.045	0.050	0.065
4. Aliran lambat, banyak tanaman dan lubang dalam	0.060	0.070	0.080
5. Tumbuh tinggi dan padat	0.100	0.125	0.150
Saluran Dilapisi :			
1. Batu kosong tanpa adukan semen	0.030	0.033	0.035
2. Idem 1 dengan adukan semen	0.020	0.025	0.030
3. Lapisan beton sangat halus	0.011 0.012		0.030
4. Lapisan beton biasa dengan tulangan baja	0.014	0.014	0.013
5. Idem 4, tetapi tulangan kayu	0.016	0.016	0.018

(Sumber: Gunadarma, 2011)

4. Tinggi Jagaan Saluran

Jagaan saluran adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rancang. Jarak ini harus cukup untuk mencegah gelombang atau kenaikan muka air yang melimpah ketepi. Untuk menghitung sebuah jagaan biasa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = \sqrt{0.5 H} \quad (m) \dots\dots\dots(2.55)$$

Keterangan :

W = Jagaan Saluran (m)

H = Tinggi Kedalaman Air (m)

2.11 BANGUNAN PELENGKAP

Bangunan pelengkap diperlukan untuk melengkapi suatu sistem saluran untuk fungsi-fungsi tertentu. Bangunan pelengkap drainase harus kuat, fungsional, tidak menyebabkan ketidaknyamanan berkendara dan tidak merusak keindahan kota. Bagian-bagiannya meliputi: Kolam Retensi, Gorong-gorong dan Saluran got miring.

1. Gorong-gorong

Di desain untuk mengalirkan air untuk menembus jalan raya, jalan kereta api, dan halangan lain. Bentuk penampangnya dapat berupa lingkaran, segiempat, dll, tergantung dari debit, ruang bebas dari atasnya dan berfungsi sebagai saluran terbuka dengan aliran bebas.

Rumus untuk gorong-gorong berbentuk lingkaran sebagai berikut :

Penampang Gorong-gorong

h diperoleh dari dimensi saluran

$$A = \frac{Q}{V_{\text{gorong}} \cdot h} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$A = B \times h \dots\dots\dots(2.57)$$

Keliling Basah

$$P = \pi \times D \dots\dots\dots(2.58)$$

Jari – Jari Hidrolis

$$R = A / P \dots\dots\dots(2.59)$$

Gambar 2.14 Bangunan Pelengkap Gorong-gorong



Sumber :Departemen PU-Standar Gorong-Gorong

2. Kolam Retensi

Kolam retensi berfungsi untuk menampung dan meresapkan air hujan, air limbah buangan masyarakat di suatu wilayah. Pembuatan kolam retensi ini merupakan salah satu upaya penanggulangan banjir yang berwawasan lingkungan. Kolam retensi yang di rencanakan harus memiliki kapasitas tampung lebih dari kapasitas debit rencana. Kolam retensi bertipe *storage* dengan rumus sebagai berikut :

Rumus :

$$\text{Volume Tampung Kolam} = P \times L \times T \dots\dots\dots(2.60)$$

2.12 SALURAN GOT MIRING

Got miring adalah sebuah konstruksi bangunan air yang memfasilitasi aliran air pada dua tempat yang mempunyai elevasi jauh berbeda (elevasi daerah hulu jauh lebih tinggi dari elevasi daerah hilir).

Rumus :

$$L_{\text{got miring}} = L_{\text{saluran total}} - L \dots\dots\dots(2.61)$$

dilanjutkan dengan merencanakan bangunan kolam olak untuk meredam kecepatan yang terjadi di tiap saluran.

Rumus :

$$\text{Penampang basah kolam olak (F) : } Q = \mu F \sqrt{2gz} \dots\dots\dots(2.62)$$