

BAB III LANDASAN TEORI

3.1. Drainase

Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan / rembesan sehingga fungsi kawasan / lahan tidak terganggu (Suripin, 2004).

Sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan / membuang kelebihan air dari suatu kawasan / lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang di terapkan mengkhususkan pengkajian pada perkotaan yang erat dengan kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota (Hasmar,2002).

Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi.

1. Pemukiman.
2. Kawasan industri dan perdagangan.
3. Kampus dan sekolah.
4. Rumah sakit dan fasilitas umum.
5. Lapangan olahraga.
6. Lapangan parkir.
7. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi.
8. Pelabuhan udara.

Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, sebab nutuk kota ada tambahan variabel desain seperti

1. keterkaitan dengan tata guna lahan ,
2. keterkaitan dengan *masterplan* drainase kota ,
3. keterkaitan dengan masalah sosial budaya .

3.2. Jenis Drainase

Drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut (Hadihardjaja,1997):

1. Menurut sejarah terbentuknya .

a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu / beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase ini dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu / beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

2. Menurut letak bangunan.

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

a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *open chanel flow*.

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

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

3. Menurut fungsinya.

Jenis drainase menurut fungsinya

a. *Single Purpose*

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

b. *Multi Purpose*

Saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian, misalnya mengalirkan air buangan rumah tangga dan air hujan secara bersamaan.

4. Menurut konstruksi.

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

a. Saluran Terbuka

Saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini lebih sesuai untuk drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun drainase non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

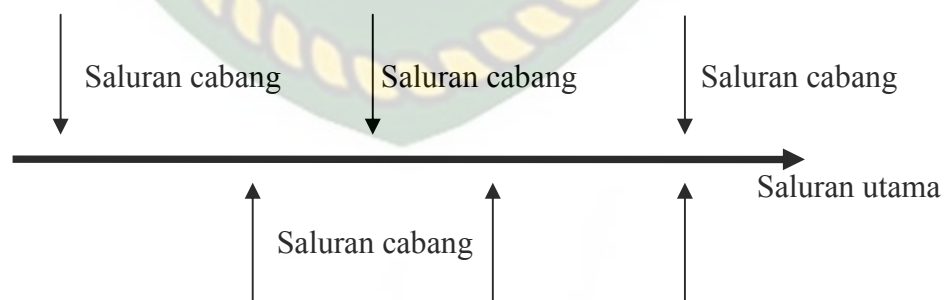
b. Saluran Tertutup

Saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

3.3. Pola Jaringan Drainase

1. Siku

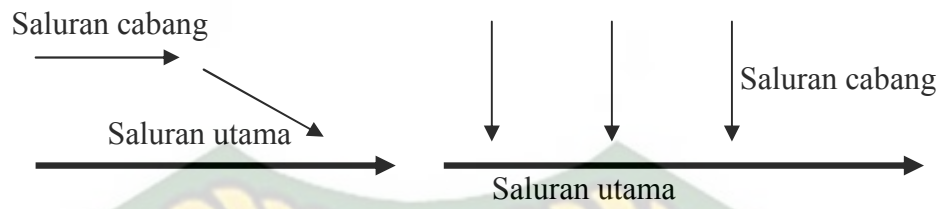
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuangan akhir berada di tengah kota.



Gambar 3.1 Pola Jaringan Drainase Siku (Hasmar, 2002)

2. Paralel

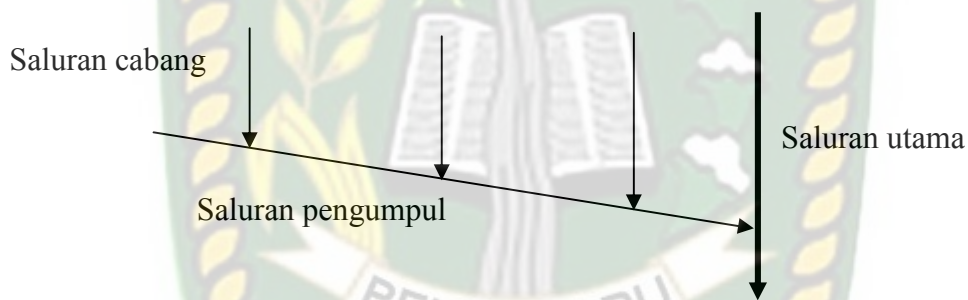
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (*sekunder*) yang cukup banyak dan pendek-pendek. Apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran dapat menyesuaikan diri.



Gambar 3.2 Pola Jaringan Drainase Paralel (Hasmar, 2002)

3. Grid Iron

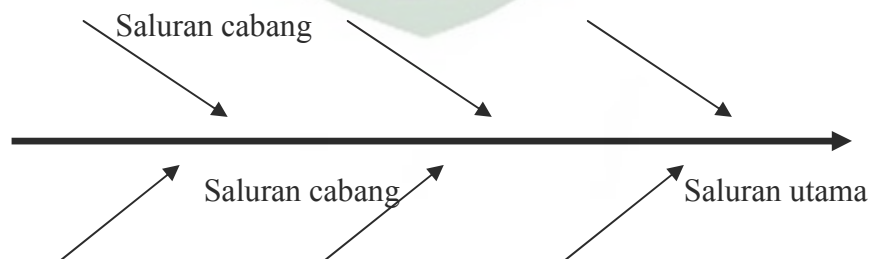
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 3.3 Pola Jaringan Drainase Grid Iron (Hasmar, 2002)

4. Alamiah

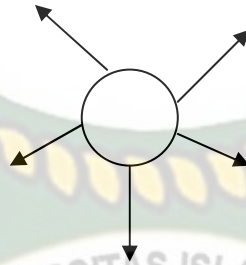
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar



Gambar 3.4 Pola Jaringan Drainase Alamiah (Hasmar, 2002)

5. Radial

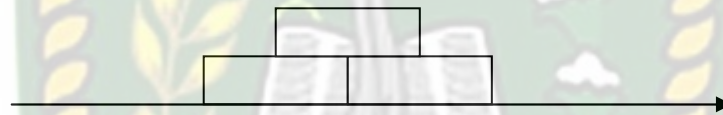
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 3.5 Pola Jaringan Drainase Radial (Hasmar, 2002)

6. Jaring - jaring

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

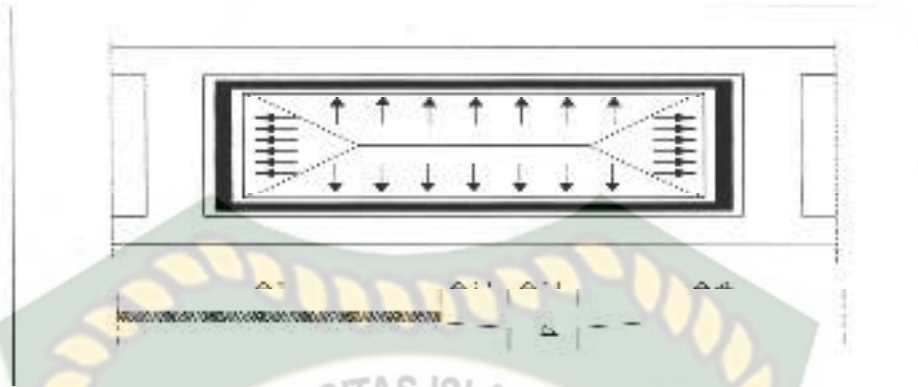


Gambar 3.6 Pola Jaringan Drainase Jaring-jaring (Hasmar, 2002)

3.4 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Catchment area adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dialirkan, maka untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama. Supaya air dapat dialirkan dengan optimal dan efektif maka perlu ditentukan *cathment area*, sehingga sistem pengalirannya sesuai dengan kondisi *catchment area* yang telah ditentukan. (Harto, 1993).

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 kesaluran drainase. Untuk menentukan daerah tangkapan hujan (*Cathment area*) sekitar drainase yang memiliki wilayah cukup datar dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau seperti gambar 3.7



Gambar 3.7 Catchment area (SNI 03-3424-1994).

Dimana :

- A_1 = Lebar jalan (ditetapkan dari as jalan sampai bagian tepi perkerasan) x panjang saluran
- A_2 = Lebar bahu jalan (ditetapkan dari tepi perkerasan yang ada sampai tepi bahu jalan) x panjang saluran.
- A_3 = Lebar saluran x panjang saluran.
- A_4 = Lebar asumsi daerah pengaliran (panjang minimum 20 m dan panjang maksimum 100 m) x panjang saluran.

Keempat luasan tersebut ditotalkan, maka didapatlah daerah tangkapan hujan (SNI 03-3424-1994).

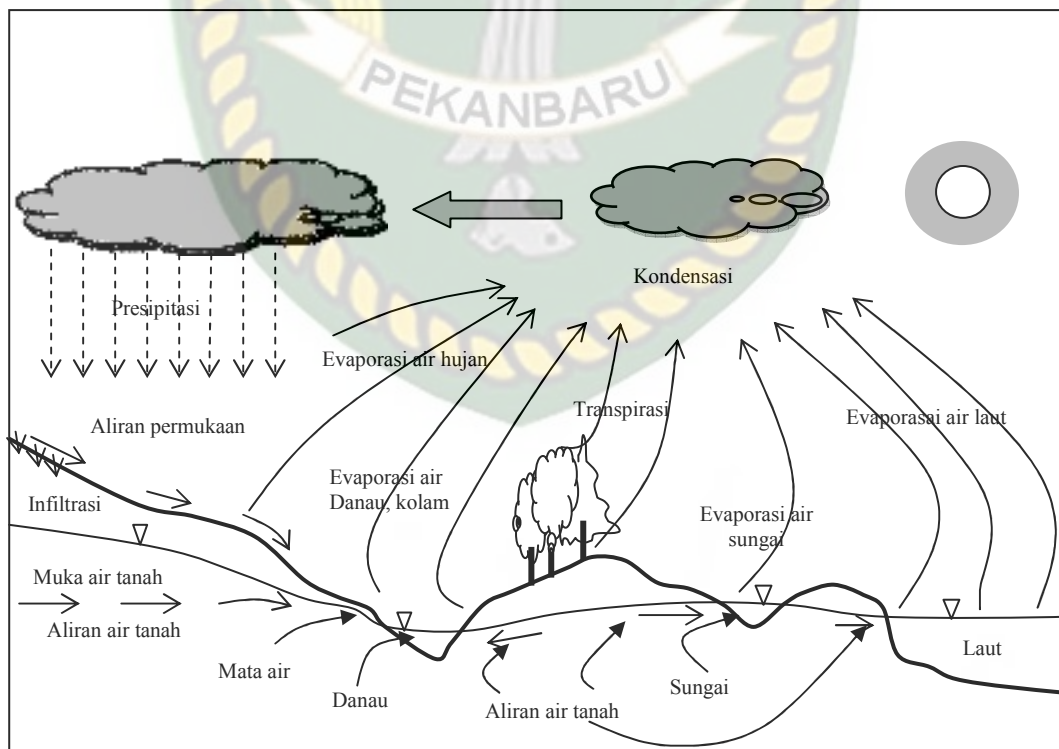
Untuk luar jalan (A_4) jika ada saluran yang bersebelahan dengan saluran yang bersangkutan maka diambil pembagian jarak antara saluran yang direncanakan dengan saluran yang bersebelahan dengan drainase penelitian.

3.5. Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahannya antara lain : keadaan zat cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah, didalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi (Soemarto,1999).

1. Siklus hidrologi

Siklus hidrologi yaitu suatu gerakan air baik ke udara akibat proses evaporasi yang kemudian jatuh ke permukaan tanah sebagai hujan dan kembali ke proses awalnya. Siklus hidrologi adalah proses yang diawali oleh *evaporasi* / penguapan kemudian terjadinya *kondensasi* dari awan hasil *evaporasi*. Awan terus terproses, sehingga terjadinya salju atau hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Pada mula air hujan ada yang mengalir dipermukaan tanah sebagai air *run off* atau aliran permukaan dan sebagian (*infiltrasi*) meresap ke dalam lapisan tanah. Air *run off* mengalir ke permukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap ke dalam lapisan tanah, menambah tinggi muka air tanah, kemudian juga merembes didalam tanah ke arah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai dilaut, danau, sungai. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian ada yang mengalir melalui pori-pori tanah (*perkolasi*) lalu mengalir ke saluran dan terus menuju kelaut, sungai atau danau (Hasmar,2002). Susunan peristiwa siklus hidrologi dapat dilihat pada gambar 3.8 .



Gambar 3.8 Siklus Hidrologi (Suripin ,2004)

Ada beberapa kemungkinan yang terjadi pada siklus hidrologi antara lain:

- a. Siklus (daur) tersebut dapat merupakan daur pendek, yaitu misalnya hujan yang jatuh dari laut, danau atau sungai segera dapat mengalir kembali ke laut.
- b. Tidak adanya keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Pada musim kemarau kelihatannya daur berhenti sedangkan di musim hujan berjalan kembali.
- c. Intensitas dan frekuensi daur tergantung pada keadaan geografi dan iklim, hal ini akibat adanya matahari yang berubah-ubah letaknya terhadap meredimum bumi sepanjang tahun.

2. Analisis Curah hujan Rerata Maksimum

Curah hujan yang diperlukan untuk mengetahui profil muka air sungai dan rancangan suatu drainase adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam milimeter (mm).

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*. (Harto,1993)

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:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata rendah.

n = Jumlah titik atau pos pengamatan.

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

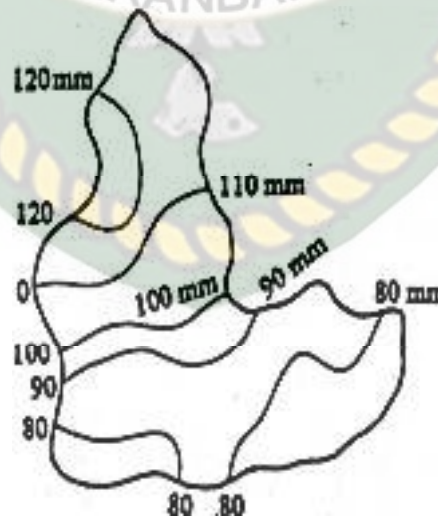
B. Cara Garis Isohiet

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:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.2)$$

Dimana :

- \bar{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 3.9 Garis Isohyet (Hadihardjaja, 1997)

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.

- Semua stasiun yang terdapat didalam dihubungkan dengan garis sehingga terbentuk jaringan segitiga-segitiga.
- Pada masing-masing segitiga ditarik garis sumbunya, dan semua garis sumbu tersebut membentuk poligon.
- 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.

Luas relatif daerah ini dengan luas DAS merupakan faktor koreksinya. Rumus yang digunakan sebagai berikut (Soemarto, 1999):

$$\bar{d} = \frac{A_1.d_1 + A_2.d_2 + \dots + A_n.d_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\bar{d} = p_1.d_1 + p_2.d_2 + p_n.d_n \dots\dots\dots(3.4)$$

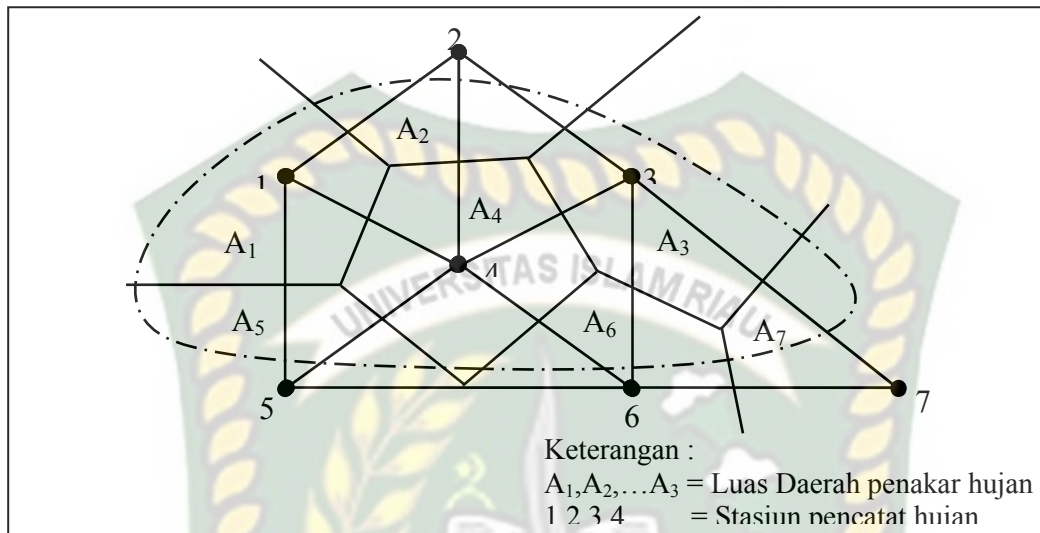
Dimana :

- \bar{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 ($A_n/\Sigma A$)

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 *Thiesen* dipilih salah satu yang tertinggi pada setiap tahun.

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



Gambar 3.10 Poligon *Thiesen* (Soemarto, 1999)

3. Analisa frekuensi

Analisa frekuensi dimaksudkan untuk menentukan jenis distribusi yang sesuai dengan data yang tersedia untuk memperoleh curah hujan rencana. Pemilihan jenis distribusi curah hujan yang sesuai berdasarkan pada nilai koefisien asimetri, koefisien variasi, koefisien kurtosis yang diperoleh dari harga tabel parameter statistik dengan persamaan (Soemarto, 1999) :

Koefisien Asimetri, (C_s) :

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(3.5)$$

Koefisien Variasi, (C_v) :

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(3.7)$$

Koefisien Kurtosis, (C_k) :

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana :

n = Banyaknya data

\bar{X} = Harga rata-rata curah hujan tahunan (mm)

X_i = Curah hujan maksimum tahunan

C_v = Koefisien variasi

C_s = Kofeisien Asimetri

C_k = Koefisien Kurtosis

Syarat yang harus digunakan untuk distribusi adalah .

- a. Apabila Harga C_s = bebas, C_k = bebas, maka distribusi yang dipakai adalah distribusi *Log Pearson* tipe III.
- b. Apabila harga koefisien Asimetri mendekati tiga kali besar variasi ($C_s = 3$ kali C_v) maka distribusi yang dipakai adalah distribusi Log Normal.
- c. Apabila harga $C_s = 1,1369$, $C_k = 5,4002$, maka distribusi yang dipakai adalah distribusi *Gumbel*.

4. Analisis curah hujan rencana

Penentuan curah hujan rencana diperlukan untuk ditransformasikan menjadi debit rencana. Secara definisi curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi disuatu daerah pada periode ulang tertentu yang dipakai sebagai dasar perhitungan perencanaan suatu bangunan.

Metode yang dapat digunakan untuk menghitung hujan rencana antara lain, Metode Distribusi Normal, Metode *Gumbel* (*Ekstrim Value Tipe I*), dan Metode *Log Pearson* Tipe III.

a. Metode Distribusi Normal

Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan Normal sebagai berikut (Suripin , 2004):

Dengan menggunakan persamaan:

$$X_T = \bar{X} + K_T S \dots \dots \dots (3.9)$$

Di mana:

$$K_T = \frac{x_T - \bar{X}}{S} \dots \dots \dots (3.10)$$

Dimana :

X_T = Perkiraan nilai dengan periode ulang T-tahunan

\bar{X} = Nilai rata - rata

K_T = Nilai Kala ulang

S = Deviasi standar

Tabel 3.1 Nilai faktor frekuensi K_T (Nilai variabel reduksi Gauus), (Suripin, 2004)

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3.05
2	1,005	0,995	-2.58
3	1,010	0,990	-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	1000,000	0,001	3.09

b. Metode *Ekstrim Value Tipe I* (Distribusi *Gumbel*)

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

1. Besarnya curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(3.11)$$

2. Hitung standar deviasi dengan rumus :

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(3.12)$$

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

$$Xt = \bar{X} + \frac{(Yt - Yn)}{Sn} Sx \dots\dots\dots(3.13)$$

Dimana :

- Xt = Besarnya curah hujan untuk t tahun (mm)
- Yt = Besarnya curah hujan rata-rat untuk t tahun (mm)
- Yn = *Reduce mean deviasi* berdasarkan sampel n
- Sn = *Reduce standar deviasi* berdasarkan sampel n
- n = Jumlah tahun yang ditinjau.
- Sx = Standar deviasi(mm)
- \bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm)
- X = Curah hujan maximum (mm).

Harga Yn berdasarkan banyaknya sampel n dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3.2 Hubungan *reduce mean* (Yn) dengan banyaknya jumlah sampel (n) (Soemarto, 1999)

n	Yn	n	Yn	N	Yn	n	Yn
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
10	0,4952	33	0,5388	56	0,5508	79	0,5567
11	0,4996	34	0,5396	57	0,5511	80	0,5569
12	0,5035	35	0,5402	58	0,5515	81	0,5570

Tabel 3.2 (lanjutan)

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
13	0,5070	36	0,5420	59	0,5518	82	0,5572
14	0,5100	37	0,5428	60	0,5521	83	0,5574
15	0,5128	38	0,5424	61	0,5524	84	0,5576
16	0,5157	39	0,5430	62	0,5527	85	0,5578
17	0,5181	40	0,5436	63	0,5530	86	0,5580
18	0,5202	41	0,5442	64	0,5533	87	0,5581
19	0,5220	42	0,5448	65	0,5535	88	0,5583
20	0,5236	43	0,5453	66	0,5538	89	0,5585
21	0,5252	44	0,5458	67	0,5540	90	0,5587
22	0,5268	45	0,5463	68	0,5543	91	0,558
23	0,5283	46	0,5468	69	0,5545	92	0,5589
24	0,5296	47	0,5473	70	0,5548	93	0,5591
25	0,5309	48	0,5477	71	0,5550	94	0,5592
26	0,5320	49	0,5481	72	0,5552	95	0,5593
27	0,5332	50	0,5485	73	0,5555	96	0,5595
28	0,5343	51	0,5489	74	0,5557	97	0,5596
29	0,5353	52	0,5493	75	0,5559	98	0,5598
30	0,5362	53	0,5497	76	0,5561	99	0,5599
31	0,5371	54	0,5501	77	0,5563	100	0,5600
32	0,5380	55	0,5504	78	0,5565		

Harga *reduce standar deviasi* (S_n) dengan banyaknya sampel dapat dilihat pada tabel 3.3 .

Tabel 3.3 Hubungan antara *reduce standar deviasi* (S_n) dengan banyaknya sampel (n). (Soemarto, 1999)

n	S_n	n	S_n	N	S_n	n	S_n
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
10	0,9496	21	1,0696	32	1,1193	43	1,1480
11	0,9676	22	1,0754	33	1,1226	44	1,1499
12	0,9833	23	1,0811	34	1,1255	45	1,1519

Tabel 3.3 (lanjutan)

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
13	0,9971	24	1,0864	35	1,1285	46	1,1538
14	1,0095	25	1,0915	36	1,1313	47	1,1557
15	1,0206	26	1,0961	37	1,1339	48	1,1574
16	1,0316	27	1,1004	38	1,1363	49	1,1590
17	1,0411	28	1,1047	39	1,1388	50	1,1607
18	1,0493	29	1,1086	40	1,1413	51	1,1623
19	1,0565	30	1,1124	41	1,1436	52	1,1638
20	1,0628	31	1,1159	42	1,1458	53	1,1658

Hubungan periode ulang untuk t tahun dengan curah hujan rata – rata dapat dilihat pada tabel 3.4 .

Tabel 3.4 Periode ulang untuk t tahun (Soemarto, 1999)

T	Curah hujan rata -rata
2	0,3665
5	14,999
10	2.2502
20	29,702
25	31,985
50	39,019

c. Metode *Log Pearson* Tipe III

Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan *Log Pearson* Tipe III sebagai berikut (Soemarto, 1999).

1. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun diubah dalam bentuk logaritma.

- a) Hitung rata-rata logaritma dengan rumus :

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n} \dots\dots\dots(3.14)$$

b) Hitung simpangan baku dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \text{Log}\bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.15)$$

c) Hitung Koefisien Kepencengan dengan rumus :

$$C_s = \frac{nx \sum_{i=1}^n (\text{Log}Xi - \text{Log}\bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(3.16)$$

d) Hitung logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu :

$$\text{Log}X_r = \text{Log}\bar{X} + (G \times S_1) \dots\dots\dots(3.17)$$

Dengan harga *G* diperoleh berdasarkan harga *C_s* dan tingkat probabilitasnya.

Curah hujan rencana dengan periode tertentu adalah harga antilog *X_T* dimana :

Log X_T = Logaritma curah hujan rencana dengan kala ulang tahun

Log \bar{X} = Rata-rata logaritma data

n = Banyaknya tahun pengamatan

St = Standar deviasi

C_s = Koefisien kepencengan

G = Koefisien frekuensi

Besarnya harga *G* berdasarkan nilai *C_s* dan tingkat probabilitasnya dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Distribusi *Log Pearson* Tipe III untuk Koefisien Kemencengan *C_s* (Soemarto, 1999)

koefesien <i>cs</i>	Waktu balik dalam tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,854	4,652	6,600

Tabel 3.5 (lanjutan)

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,24	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

3.6. Kala Ulang Minimum

Perencanaan dalam mengatasi drainase pada umumnya ditentukan dengan suatu kala, misalnya 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun, sehingga drainase akan aman jika debit banjir yang terjadi tidak melebihi debit banjir rencana kala ulang tersebut. Disamping itu dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang digunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan. Beberapa kriteria periode ulang diperlihatkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Kriteria Periode Ulang (Notodihardjo, 1998)

Jenis Lahan / Guna Lahan	Periode Ulang
1. Jalan Tol	10 Tahun
2. Jalan Arteri	10 Tahun
3. Jalan Kolektor	10 Tahun
4. Jalan Biasa	10 Tahun
5. Perumahan	2 – 5 Tahun
6. Pusat Perdagangan	2 – 10 Tahun
7. Pusat Bisnis	2 – 10 Tahun
8. Landasan Terbang	5 Tahun

3.7. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu (Suripin, 2004). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Besarnya intensitas hujan berbeda – beda, tergantung dari lamanya curah hujan yang diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan, baik secara statistik maupun secara empiris. Besarnya intensitas hujan pada kondisi yang ditimbulkan sesuai dengan derajat hujannya, dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan (Suripin, 2004)

Derajat Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Kondisi
(a)	(b)	(c)
Hujan sangat lemah	< 1,20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit.

Tabel 3.7 (lanjutan)

(a)	(b)	(c)
Hujan lemah	1,20 – 3,00	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat <i>puddle</i> .
Hujan normal	3,00 – 18,0	Dapat dibuat <i>puddle</i> dan bunyi hujan kedengaran.
Hujan deras	18,0 – 60,3	Air tergenang diseluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan terdengar berasal dari genangan.
Hujan sangat deras	> 60,0	Hujan seperti tumpahan, saluran dan drainase meluap

Data curah hujan dalam suatu waktu tertentu (beberapa menit) yang tercatat pada alat otomatis dapat dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam. Umpamanya untuk merubah hujan 5 menit menjadi intensitas curah hujan per jam, maka curah hujan ini harus dikalikan dengan 60/5, demikian pula untuk hujan 10 menit dikalikan dengan 60/10. Menurut Dr. Mononobe intensitas hujan (I) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus (Suripin 2004).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{Tc} \right]^{2/3} \text{ mm / jam} \dots\dots\dots(3.18)$$

Dimana :

R_{24} = Curah hujan rancangan setempat (mm)

Tc = Lama waktu konsentrasi dalam jam

I = Intensitas hujan dalam mm/jam

3.8 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 (Suripin, 2004). 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.

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

$$T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(3.19)$$

$$t_o = \frac{\left(\frac{L}{Vt_d} \right)}{3600} \dots\dots\dots(3.20)$$

$$t_d = \frac{\left(\frac{L}{Vt_o} \right)}{3600} \dots\dots\dots(3.21)$$

Dimana :

t_c = Waktu Konsentrasi (jam)

t_o = *Inlet Time* (jam)

t_d = *Conduite Time* (jam)

L = Panjang Saluran (m)

Waktu konsentrasi ditentukan dengan menggunakan perkiraan kecepatan air seperti diperlihatkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Hubungan antara Jenis - Jenis Bahan dengan Kecepatan Aliran Air (V_o) (Hadihardjaja, 1997)

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diizinkan (m/detik)
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
Jalan Aspal	0,90
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton bertulang	1,50

Kemiringan dasar saluran mempengaruhi kecepatan aliran air dalam saluran. Pada Tabel 3.9.berikut diperlihatkan hubungan kemiringan dasar saluran terhadap kecepatan aliran rata-rata.

Tabel 3.9 Hubungan antara Kemiringan Dasar Saluran dengan Kecepatan Saluran (Hadihardjaja, 1997)

Kemiringan Rerata Dasar Saluran (%)	Kecepatan Rerata (m/det)
< 1,00 %	0,40
1,00 – 2,00	0,60
2,00 – 4,00	0,90
4,00 – 6,00	1,20
6,00 - 10,00	1,50
10,00 – 15,00	2,40

3.9. Koefisien Penampungan (*Storage Coefficient*)

Daerah penampungan adalah suatu tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan (Notodihardjo, 1998).

Untuk dapat memungkinkan daya tampung saluran, sehingga mempengaruhi saluran puncak yang dihitung atas dasar metode rasional harus dikalikan koefisien penampungan (C_s), untuk menentukan harga C_s dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_s = \frac{2tc}{2tc + td} \dots\dots\dots(3.22)$$

Dimana :

C_s = Koefisien penampungan

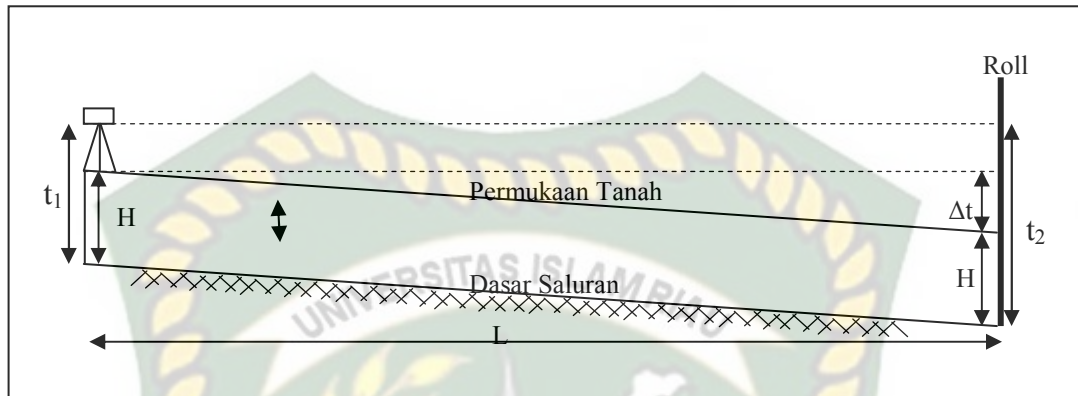
tc = Waktu konsentrasi (jam)

td = Waktu pengaliran air dalam saluran (jam)

3.10. Kemiringan Dasar Saluran (S_o)

Kemiringan dasar saluran digunakan dalam menentukan nilai waktu konsentrasi dan mempengaruhi kecepatan aliran air dalam saluran, kemiringan

dasar saluran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Subarkah, 1980) :



Gambar 3.11 Pengukuran Kemiringan Saluran

Kemiringan dasar saluran dihitung dengan rumus (SNI 03-3424-1994).

$$S_o = \frac{\Delta t}{L} = \frac{(t_2 - t_1)}{L} \dots\dots\dots(3.23)$$

Dimana :

S_o = Kemiringan Dasar Saluran.

Δt = Perbedaan ketinggian dasar saluran antara dihilir dan dihulu drainase.

t_1 = Tinggi alat ukur (t) + Tinggi drainase (H) dihulu.

t_2 = Tinggi Rambu/Roll di hilir.

L = Panjang Saluran.

3.11. Debit Rancangan Dengan Metode Rasional

Debit rencana untuk daerah perkotaan umumnya dikehendaki pembuangan air yang secepatnya, agar jangan ada genangan air yang berarti. Untuk memenuhi tujuan ini saluran-saluran harus dibuat cukup sesuai dengan debit rancangan.

Faktor yang menentukan sampai berapa tinggi genangan air yang diperbolehkan agar tidak menimbulkan kerugian yang berarti adalah.

- Luas daerah yang akan tergenang (sampai batas tinggi yang diperbolehkan).
- Lama waktu genangan.

Suatu daerah perkotaan umumnya merupakan bagian dari suatu daerah aliran yang lebih luas, dan didaerah aliran ini sudah ada drainase alami. Perentangan dan pengembangan sistem bagi suatu daerah perkotaan yang baru

harus diselaraskan dengan sistem drainase alami yang sudah ada, agar keadaan aslinya dapat dipertahankan sejauh mungkin.

Menghitung besarnya debit rancangan drainase perkotaan umumnya dilakukan dengan memakai metode rasional. Hal ini karena relatif luasan daerah aliran tidak terlalu luas, kehilangan air sedikit dan waktu konsentrasi relatif pendek. Apabila luas daerah lebih kecil dari 0,80 km², alirannya tidak melebihi kira-kira 80 ha. kapasitas pengaliran dihitung dengan metode rasional, (Subarkah, 1980) yaitu:

Persamaan metode rasional adalah :

$$Q = C \cdot \beta \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(3.24)$$

Dimana :

Q = Debit rencana (m^3/dt)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan pada periode yang tertentu (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (m^2)

β = Koefisien penyebaran hujan.

3.12. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi lahan. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari (Hadiharjaja,1997).

Besarnya koefisien pengaliran diperlihatkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Koefisien Pengaliran (C) (Hadihardjaja, 1997)

Kondisi Daerah	Koefisien Pengaliran (C)
Perumahan tidak begitu rapat	20 rumah /Ha 0,25 - 0,40
Perumahan kerapatan sedang	20-60 rumah / Ha 0,40 - 0,70
Perumahan rapat	60-160 rumah / Ha 0,70 - 0,80
Taman dan daerah rekreasi	0,20 - 0,30
Daerah industri	0,80 - 0,90
Daerah perniagaan	0,90 - 0,95

3.13. Koefisien Penyebaran Hujan

Koefisien penyebaran hujan merupakan nilai yang digunakan untuk mengoreksi pengaruh penyebaran hujan yang tidak merata pada suatu daerah pengaliran. Nilai besaran ini tergantung dari kondisi dan daerah pengaliran. Untuk daerah yang relatif kecil biasanya kejadian hujan diasumsikan merata.

Besarnya koefisien penyebaran hujan diperlihatkan pada tabel 3.11.

Tabel 3.11 Koefisien Penyebaran Hujan (Hadihardjaja, 1997)

Luas daerah pengaliran (km ²)	Koefisien penyebaran hujan (β)
0,00 – 4,00	1,000
5,00	0,995
10,00	0,980
15,00	0,955
20,00	0,920
25,00	0,875
30,00	0,820
50,00	0,500

3.14. Kapasitas Pengaliran (*Run off*)

Ketetapan dan menetapkan besarnya debit air yang harus dialirkan melalui saluran drainase pada daerah tertentu, sangat penting dalam penentuan dimensi saluran.

Menghitung besarnya debit rancangan drainase perkotaan umumnya dilakukan dengan memakai metode rasional. Hal ini karena relatif luasan daerah aliran tidak terlalu luas, kehilangan air sedikit dan waktu konsentrasi relatif pendek. Apabila luas daerah lebih kecil dari 0,80 km², kapasitas pengaliran dihitung dengan metode rasional, yaitu (Hardihardjaja,1997)

$$Q = f \cdot C \cdot Cs \cdot \beta \cdot I \cdot A \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots(3.25)$$

Dimana:

Q = Kapasitas pengaliran (m³/dt)

f = Faktor konversi sebesar 0,278

C = Koefisien pengaliran

C_s = Koefisien penampungan

β = Koefisien penyebaran hujan

I = Intensitas hujan pada periode yang tertentu (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

3.15. Debit Saluran (Q_{saluran})

Debit aliran akibat hujan harus dialirkan melalui saluran drainase sampai ketitik hilir. Debit hujan yang di analisa menjadi debit aliran untuk mendimensi saluran, maka apabila dimensi drainase diketahui untuk menghitung debit saluran digunakan persamaan 3.23.

Debit saluran dalam rumus Manning (Suripin, 2004).

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (3.26)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_o^{1/2} \dots\dots\dots (3.27)$$

Dimana :

Q = Debit saluran (m³/det)

V = Kecepatan aliran (m/det)

A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari-jari hidrolis = A/P (m)

P = Panjang penampang basah (m)

n = Koefisien kekasaran manning

S_o = Kemiringan dasar saluran

Besarnya nilai kekasaran dasar berdasarkan *Manning* dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Koefisien Kekasaran *Manning* (Notodihardjo, 1998)

Jenis Saluran	Koefisien <i>Manning</i> (n)
(a)	(b)
1. Saluran Galian	
a. Saluran tanah	0,022
b. Saluran pada batuan, digali merata	0,035

(a)	(b)
2. Saluran dengan Lapisan Perkerasan	
a. Lapisan beton seluruhnya	0,015
b. Lapisan beton pada kedua sisi saluran	0,020
c. Lapisan blok beron pracetak	0,017
d. Pasangan batu di plester	0,020
e. Pasangan batu, diplester pada kedua sisi saluran	0,022
f. Pasangan batu, disiar	0,025
g. Pasangan batu kosong	0,030
3. Saluran Alam	
a. Berumput	0,027
b. Semak – semak	0,050
c. Tak beraturan, banyak semak dan pohon, batang pohon banyak jatuh ke saluran	0,015

Kondisi debit pembuangan berfluktuasi sehingga perlu memperhatikan perihal kecepatan aliran (v) agar pada saat debit pembuangan kecil masih dapat mengangkut sedimen, dan pada saat debit besar aman dari erosi. Syarat yang berhubungan dengan aliran mantap merata disebut sebagai aliran normal.

Hubungan Kemiringan Selokan Samping Jalan (I) terhadap jenis material dapat dilihat pada tabel 3.13. berikut ini :

Tabel 3.13 Hubungan (I) dengan Jenis Material (Notodihardjo, 1998)

Jenis Material	Kemiringan selokan samping(I %)
Tanah asli	0,0 – 5,0
Kerikil	5,0 – 7,5
Pasangan	7,50

3.16. Analisa Debit Air Limbah

Dalam menentukan besarnya buangan air limbah (Q_{domestik}), kita perlu mengetahui besarnya kebutuhan air penduduk dalam tiap-tiap wilayah yang

ditinjau. Besarnya kebutuhan air penduduk menurut pedoman badan-badan kesehatan, dibagi sesuai dengan jenis keperluannya sebagai berikut (Sosrodarsono, 2003).

1. Bangunan umum
 - a. Sekolah = 20 liter/orang/hari
 - b. Kantor = 30 liter/orang/hari
 - c. Rumah ibadah = 3 m³/unit/hari
 - d. Puskesmas = 2000 liter/unit/hari
2. Bangunan komersil
 - a. Toko = 1 m³/toko/hari
 - b. Penginapan = 300 liter/tempat tidur/hari
 - c. Pasar = 25 m³/gedung/hari
 - d. Bioskop = 5 m³/gedung/hari
3. Bangunan Industri = 10 m³/industri/hari
4. Daerah perumahan = 90 liter/orang/hari

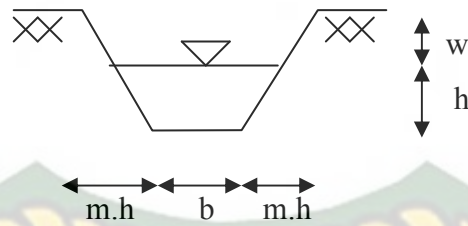
Dari jumlah pemakaian air tersebut dapat diperkirakan besarnya air buangan yang harus ditampung dan dialirkan yaitu sebesar 80 % dari kebutuhan air yang ditetapkan (Sosrodarsono, 2003).

3. 17. Bentuk Penampang Saluran

Dalam perencanaan dimensi saluran harus direncanakan agar memperoleh tampang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil tingkat kegagalan akan terlalu besar. Adapun bentuk penampang saluran yang sering kita jumpai dan digunakan dalam perencanaan drainase adalah :

1. Saluran berbentuk trapesium

Bentuk penampang trapesium dipakai untuk debit yang besar dan umumnya untuk mengalirkan air hujan, limbah domestik dan irigasi. Saluran ini memerlukan tempat yang agak luas dan dapat terbuat dari tanah. Bentuk penampang drainase ini sering digunakan karena mempunyai keuntungan dari segi teknis pengerjaan maupun dalam pelaksanaan



Gambar 3.12 Saluran bentuk trapesium (SNI 03-3424-1990).

a. Luas tampang saluran (A)

$$A = b.h + mh^2 \dots\dots\dots(3.28)$$

b. Keliling basah (P)

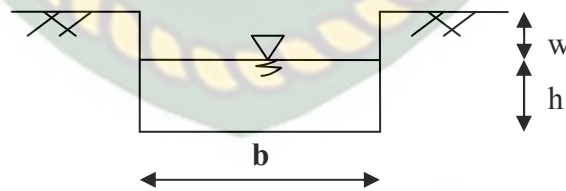
$$P = \frac{A}{n} - mh + 2h \sqrt{(m^2 - 1)} \dots\dots\dots(3.29)$$

c. Jari – jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(3.30)$$

2. Saluran berbentuk empat persegi panjang

Bentuk penampang empat persegi panjang dipakai untuk debit – debit yang besar, untuk membuat saluran seperti ini biasanya dibuat pada daerah yang memiliki luasan yang kecil, hanya didukung oleh konstruksi yang kokoh dan digunakan untuk saluran air hujan, air rumah tangga dan lain – lain.



Gambar 3.13 Saluran bentuk empat persegi panjang (SNI 03-3424-1990).

a. Luas penampang basah (A)

$$A = b.h \dots\dots\dots(3.31)$$

b. Keliling basah (P)

$$P = 2h + b \dots\dots\dots(3.32)$$

c. Jari – jari hidrolis (R_s)

$$R_s = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(3.33)$$

3. Bentuk Lingkaran

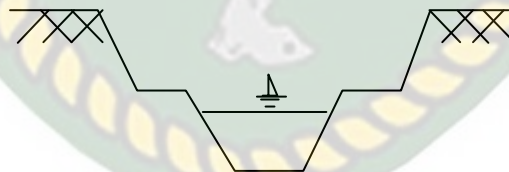
Bentuk ini umumnya dijumpai pada drainase perkotaan dan biasanya tertutup. Bentuk ini umumnya terbuat dari kombinasi pasangan bata dan pipa beton, saluran yang bulat akan memudahkan pengangkutan bahan endapan / limbah.



Gambar 3.14. Bentuk Penampang Lingkaran (SNI 03-3424-1990)

4. Bentuk Tersusun

Bentuk ini umumnya dapat menampung debit optimum dan minimum. Saluran ini berfungsi mengalirkan air limbah rumah tangga pada kondisi tidak hujan, apabila terjadi hujan maka kelebihan debit air dapat ditampung pada saluran bagian atas.



Gambar 3.15. Bentuk Penampang Tersusun (SNI 03-3424-1990)

3.18. Definisi Banjir

Banjir adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (kali) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang. (Suripin,2004). Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat pula menimbulkan korban jiwa. Dikatakan banjir apabila terjadi luapan air yang disebabkan kurangnya kapasitas penampang saluran. Banjir di bagian hulu biasanya arus banjirnya deras, daya

gerusnya besar, tetapi durasinya pendek, Sedangkan di bagian hilir arusnya tidak deras (karena landai), tetapi durasi banjirnya panjang.

Beberapa karakteristik yang berkaitan dengan adanya banjir, diantaranya adalah (Suripin, 2004) :

1. Banjir dapat datang secara tiba – tiba dengan intensitas besar namun dapat langsung mengalir.
2. Banjir datang secara perlahan namun intensitas hujannya sedikit.
3. Pola banjirnya musiman.
4. Banjir datang secara perlahan namun dapat menjadi genangan yang lama didaerah depresi.
5. Akibat yang ditimbulkan adalah terjadinya genangan, erosi, dan sedimentasi.

Sedangkan akibat lainnya adalah terisolasinya daerah pemukiman dan diperlukan evakuasi penduduk.

3.19. Penyebab Banjir

Banyak faktor menjadi penyebab terjadinya banjir. Namun secara umum penyebab terjadinya banjir dapat diklasifikasikan dalam 2 kategori, yaitu banjir yang disebabkan oleh sebab-sebab alami dan banjir yang diakibatkan oleh tindakan manusia. (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002)

Yang termasuk sebab-sebab alami diantaranya adalah:

1. Curah hujan

Curah hujan dapat mengakibatkan banjir apabila turun dengan intensitas tinggi, durasi lama, dan terjadi pada daerah yang luas.

2. Pengaruh Fisiografi

Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi dan kemiringan daerah pengaliran sungai (DPS), kemiringan sungai, geometrik hidrolis (bentuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan memanjang, material dasar sungai), lokasi sungai dll. merupakan hal-hal yang mempengaruhi terjadinya banjir.

3. Erosi dan Sedimentasi

Erosi dan sedimentasi di DPS berpengaruh terhadap pengurangan kapasitas penampang sungai. Erosi dan sedimentasi menjadi problem klasik sungai-sungai di Indonesia. Besarnya sedimentasi akan mengurangi kapasitas saluran, sehingga timbul genangan dan banjir di sungai.

4. Menurunnya kapasitas sungai

Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat disebabkan oleh pengendapan yang berasal dari erosi DPS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai yang dikarenakan tidak adanya vegetasi penutup dan penggunaan lahan yang tidak tepat.

5. Kapasitas Drainase yang tidak memadai

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

6. Pengaruh air pasang

Air pasang laut memperlambat aliran sungai ke laut. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi maka tinggi genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi aliran balik (*backwater*). Contoh terjadi di Kota Semarang dan Jakarta. Genangan ini terjadi sepanjang tahun baik di musim hujan dan maupun di musim kemarau.

Yang termasuk sebab-sebab banjir karena tindakan manusia adalah:

1. Perubahan Kondisi DAS

Perubahan DAS seperti penggundulan hutan, usaha pertanian yang kurangtepat, perluasan kota, dan perubahan tata guna lahan lainnya, dapat memperburukmasalah banjir karena meningkatnya aliran banjir. Perubahan tata guna lahan memberikan kontribusi yang besar terhadap naiknya kuantitas dan kualitas banjir.

2. Kawasan kumuh

Perumahan kumuh yang terdapat di sepanjang sungai, dapat merupakan penghambat aliran. Masalah kawasan kumuh dikenal sebagai faktor penting terhadap masalah banjir daerah perkotaan.

3. Sampah

Ketidaksiplinan masyarakat untuk membuang sampah pada tempat yang ditentukan, umumnya mereka langsung membuang sampah ke sungai. Di kota-kota besar hal ini sangat mudah dijumpai. Pembuangan sampah di alur sungai dapat mengakibatkan naiknya muka air banjir.

4. Bendung dan bangunan air

Bendung dan bangunan lain seperti pilar jembatan dapat meningkatkan elevasi muka air banjir karena efek aliran balik (*backwater*).

5. Kerusakan bangunan pengendali banjir

Pemeliharaan yang kurang memadai dari bangunan pengendali banjir sehingga menimbulkan kerusakan dan akhirnya menjadi tidak berfungsi dapat meningkatkan kuantitas banjir.

6. Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat

Beberapa sistem pengendalian banjir memang dapat mengurangi kerusakan akibat banjir kecil sampai sedang, tetapi mungkin dapat menambah kerusakan selama banjir-banjir yang besar. Sebagai contoh bangunan tanggul sungai yang tinggi. Limpasan pada tanggul pada waktu terjadi banjir yang melebihi banjir rencana dapat menyebabkan keruntuhan tanggul, hal ini menimbulkan kecepatan aliran air menjadi sangat besar yang melalui bobolnya tanggul sehingga menimbulkan banjir yang besar.

3.20. Kerugian Akibat Banjir

Kerugian akibat banjir pada umumnya sulit diidentifikasi secara jelas, dimana terdiri dari kerugian banjir akibat banjir langsung dan tak langsung. Kerugian akibat banjir langsung, merupakan kerugian fisik akibat banjir yang terjadi, antara lain robohnya gedung sekolah, industri, rusaknya sarana transportasi, hilangnya nyawa, hilangnya harta benda, kerusakan di pemukiman,

kerusakan daerah pertanian dan peternakan, kerusakan sistem irigasi, sistem air bersih, sistem drainase, sistem kelistrikan, sistem pengendali banjir termasuk bangunannya, kerusakan sungai, dsb. Sedangkan kerugian akibat banjir tak langsung berupa kerugian kesulitan yang timbul secara tak langsung diakibatkan oleh banjir, seperti komunikasi, pendidikan, kesehatan, kegiatan bisnis terganggu.

3.21. Penanggulangan Banjir

Penanggulangan banjir perlu dilakukan untuk menangani penanggulangan banjir dalam keadaan darurat, terutama untuk bangunan pengendalian banjir yang rusak dan kritis. Hal ini terutama untuk menangani banjir tahunan yang perlu penanganan tahunan pada waktu musim hujan atau banjir. Perencanaan penanggulangan banjir perlu dibuat sebelumnya, berdasarkan pengalaman yang telah lalu. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan penanggulangan banjir :

1. Identifikasi masalah

Sebelum terjadinya banjir pada musim kemarau, sebaiknya dilakukan pemeliharaan tanggul dan bangunan pengendali banjir. Namun di dalam survey perlu dilakukan pula identifikasi pada tempat-tempat tertentu di sepanjang sungai yang rawan terhadap banjir. Di samping itu perlu juga dibuat map untuk daerah rawan banjir di dataran rendah.

2. Kebutuhan bahan dan peralatan penanggulangan

Bahan dan peralatan yang diperlukan adalah untuk digunakan pada waktu penanggulangan banjir. Keperluan tersebut harus disiapkan sebelum banjir dan dalam keadaan baik. Bahan yang dapat disiapkan sebelumnya antara lain, kawat lonjong, karung plastik, ijuk, kayu, dsb. Sedangkan peralatan meliputi :

- a. alat kerja (sekop, gergaji, cangkul dsb)
- b. alat transportasi
- c. alat komunikasi
- d. peralatan penerangan

3. Kebutuhan tenaga penanggulangan

Kebutuhan tenaga biasanya cukup banyak, maka diharapkan peran serta dari masyarakat dalam penanggulangan. Personil Kimpraswil yang terbatas sebaiknya dapat mengkoordinir para tenaga sukarela tersebut, supaya dapat lebih efektif.

3.22. Drainase Ramah Lingkungan

Drainase ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya mengelola air kelebihan dengan cara meresapkan sebanyak-banyaknya air ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan air ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya. Dalam drainase ramah lingkungan, justru air kelebihan pada musim hujan harus dikelola sedemikian rupa sehingga tidak mengalir secepatnya ke sungai. Namun diusahakan meresap ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau. Ada beberapa metode drainase ramah lingkungan yang dapat dipakai diantaranya adalah (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 2014).

1. Metode kolam konservasi

Metode dengan membuat kolam-kolam air baik di perkotaan, permukiman, pertanian atau perkebunan. Kolam konservasi ini dibuat untuk menampung air hujan terlebih dahulu, diresapkan dan sisanya dapat dialirkan ke sungai secara perlahan-lahan. Kolam konservasi dapat dibuat dengan memanfaatkan daerah dengan topografi rendah, daerah bekas galian pasir atau galian material lainnya, atau secara ekstra dibuat dengan menggali suatu areal atau bagian tertentu.

2. Metode sumur resapan

Merupakan metode praktis dengan cara membuat sumur-sumur untuk mengalirkan air hujan yang jatuh pada atap perumahan atau kawasan tertentu. Sumur resapan ini juga dapat dikembangkan pada areal olahraga dan wisata. Konstruksi dan kedalaman sumur resapan disesuaikan dengan kondisi lapisan tanah setempat. Perlu dicatat bahwa sumur resapan ini hanya dikhususkan untuk air hujan, sehingga masyarakat harus mendapatkan pemahaman mendetail untuk tidak memasukkan air limbah rumah tangga ke sumur resapan tersebut.

3. Metode *river side polder*

Metode menahan aliran air dengan mengelola/menahan air kelebihan (hujan) di sepanjang bantaran sungai. Pembuatan polder pinggir sungai ini dilakukan dengan memperlebar bantaran sungai di berbagai tempat secara selektif di sepanjang sungai. Lokasi *polder* perlu dicari, sejauh mungkin *polder* yang dikembangkan mendekati kondisi alamiah, dalam arti bukan *polder* dengan pintu-pintu hidraulik teknis dan tanggul-tanggul lingkaran hidraulis yang mahal. Pada saat muka air naik (banjir), sebagian air akan mengalir ke *polder* dan akan keluar jika banjir reda, sehingga banjir di bagian hilir dapat dikurangi dan konservasi air terjaga.

4. Metode areal perkembangan perlindungan air tanah

Metode ini dilakukan dengan cara menetapkan kawasan lindung untuk air tanah, dimana di kawasan tersebut tidak boleh dibangun bangunan apapun. Areal tersebut dikhususkan untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah. Di berbagai kawasan perlu sesegara mungkin dicari tempat yang cocok secara geologi dan ekologi sebagai areal untuk recharge dan perlindungan air tanah sekaligus sebagai bagian penting dari komponen drainase kawasan.