

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pengertian Banjir dan Genangan

Ada dua pengertian mengenai banjir (Departemen Pekerjaan Umum 2014)

1. Aliran air sungai yang tingginya melebihi muka air normal sehingga melimpas dari palung sungai yang menyebabkan adanya genangan di sisi sungai. Aliran air limpasan tersebut yang semakin meninggi, mengalir dan melimpasi muka tanah yang biasanya tidak dilewati aliran air.
2. Gelombang banjir berjalan ke arah hilir sistem sungai yang berinteraksi dengan kenaikan muka air di muara sungai akibat badai.

Untuk daerah tropis berdasarkan sumber airnya, air yang berlebihan itu dapat dikategorikan dalam katagori.

1. Banjir yang disebabkan oleh hujan lebat yang melebihi kapasitas penyaluran sistem pengaliran air yang terdiri dari sistem sungai alamiah dan sistem drainase buatan manusia.
2. Banjir yang disebabkan oleh meningkatnya muka air sungai sebagai akibat pasang laut maupun meningginya gelombang laut akibat badai.
3. Banjir yang disebabkan oleh kegagalan bendungan air buatan manusia maupun buatan alam.

Adapun Parameter atau tolak ukur ancaman banjir antara lain (Departemen pekerjaan Umum nomor 12/PRT/M/2014).

1. Luas genangan (km^2 , ha)
2. Ketinggian banjir (m)
3. Kecepatan aliran (m/detik, km/jam)
4. Material yang dihanyutkan (batu, pohon, benda keras lainnya)
5. Endapan lumpur (m, cm)
6. Lamanya genangan (jam, hari, minggu)
7. Frekuensi kejadian

Dikatakan banjir apabila parameter menunjukan angka yang tinggi, sedangkan untuk genangan memiliki Parameter sendiri.

1. Tinggi genangan
 - > 0,50 m Presentase nilai 100
 - 0,30 m – 0,50 m Presentase nilai 75
 - 0,20 m – < 0,30 m Presentase nilai 50
 - 0,10 m – < 0,20 m Presentase nilai 25
2. Luas genangan
 - > 8 ha Presentase nilai 100
 - 4 – 8 ha Presentase nilai 75
 - 2 - < 4 ha Presentase nilai 50
 - 1 - < 2 ha Presentase nilai 25
3. Lamanya genangan
 - > 8 jam Presentase nilai 100
 - 4 – 8 jam Presentase nilai 75
 - 2 - < 4 jam Presentase nilai 50
 - 1 – 2 jam Presentase nilai 25
4. Frekuensi genangan
 - Sangat sering (10 kali / tahun) Presentase nilai 100
 - Sering (6 kali / tahun) Presentase nilai 75
 - Kurang sering (3 kali / tahun) Presentase nilai 50
 - Jarang (1 kali / tahun) Presentase nilai 25

3.2. Pengertian dan Fungsi drainase

3.2.1. Pengertian Drainase

Drainase berasal dari kata *to drain* yang artinya mengalirkan air atau mengeringkan dari tempat yang lebih tinggi. Jadi drainase adalah merupakan salah satu bangunan untuk mengalirkan air dari suatu tempat / daerah ke tempat lain. Drainase juga bertujuan mengalirkan genangan air / banjir baik yang terjadi di badan jalan maupun yang ada pada daerah pemukiman atau pada pusat perdagangan (Projopangorso, 1987).

Secara garis besar drainase dapat dibedakan atas dua macam.

1. Drainase permukaan (*Surface Drainage*) adalah sistem drainase yang berkaitan dengan pengendalian aliran air permukaan.
2. Drainase di bawah permukaan (*Subsurface Drainage*) adalah sistem drainase yang berkaitan dengan pengendalian aliran air di bawah permukaan tanah.

Sedangkan drainase perkotaan adalah drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan fisik dan lingkungan sosial budaya pada kawasan tersebut.

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 olah raga
6. Lapangan parkir
7. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi
8. Pelabuhan udara.

Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variabel desain seperti.

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

3.2.2 Fungsi Drainase

Adapun fungsi drainase untuk menerima dan mengalirkan air yang berlebih ke saluran pembuang.

Drainase perkotaan mempunyai fungsi.

1. Untuk mengalirkan air hujan / air secepat mungkin keluar dari kawasan perkotaan dan selanjutnya dialirkan lewat saluran samping menuju saluran pembuang akhir.
2. Mencegah aliran air yang berasal dari daerah pengaliran disekitar masuk ke daerah yang bersangkutan.
3. Untuk mencegah kerusakan jalan dan lingkungan yang diakibatkan oleh genangan air/ banjir.

3.3. Jenis Saluran

Jenis Saluran drainase dibagi menjadi dua macam yang masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugian saluran yaitu saluran terbuka dan saluran tertutup.

3.3.1 Saluran terbuka

Saluran terbuka adalah saluran yang dipakai untuk drainase air hujan yang terletak didaerah yang mempunyai luas yang cukup, ataupun untuk drainase air non hujan yang tidak membahayakan kesehatan atau mengganggu lingkungan (SNI 03-3424-1990).

1. Keuntungan saluran terbuka
 - a. Biaya lebih murah
 - b. Kapasitas untuk mengalirkan air lebih besar
 - c. Sangat berpotensi sekali sebagai tempat pembuangan
2. Kerugian saluran terbuka
 - a. Membutuhkan sempadan jalan yang lebih besar
 - b. Biaya perawatan yang lebih mahal
 - c. Mengganggu jalan orang/ kendaraan yang lewat

3.3.2 Saluran Tertutup

Saluran tertutup adalah saluran yang sering dipakai untuk aliran kotor (air yang mengganggu kesehatan atau lingkungan) biasanya saluran seperti ini terletak di tengah kota (SNI 03-3424-1990).

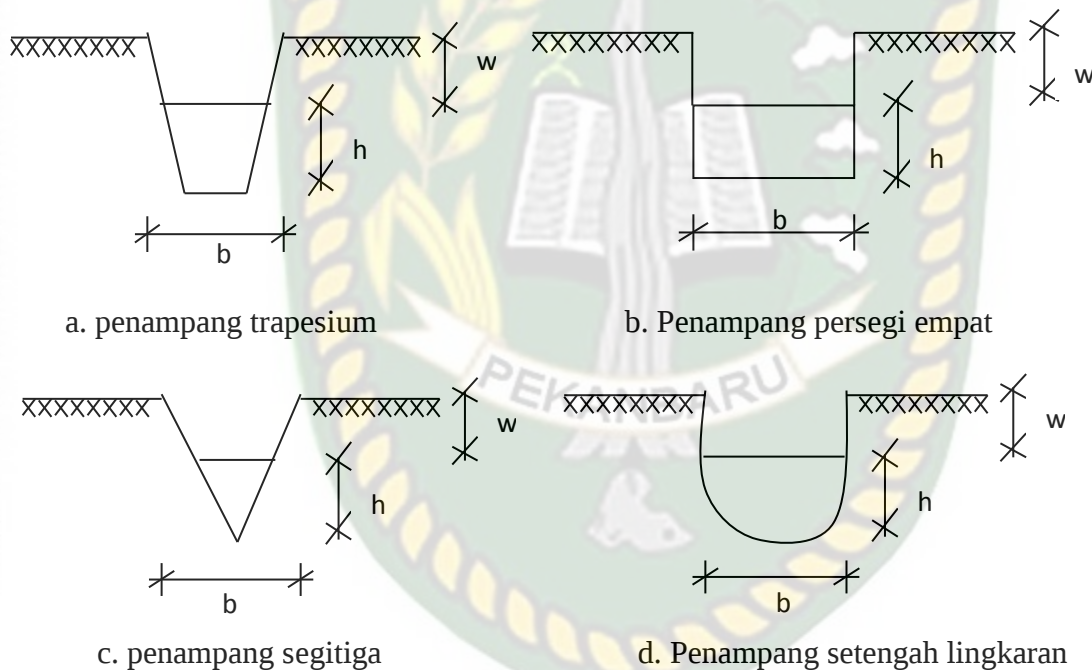
1. Keuntungan saluran tertutup
 - a. Biaya perawatan relatif murah
 - b. Penutup saluran dapat dimanfaatkan sebagai trotoar untuk pejalan kaki
 - c. Konstruksi saluran rapi dan aman
2. Kerugian saluran tertutup.

- a. Biaya pelaksanaan lebih besar
- b. Kapasitas untuk mengalirkan air terbatas
- c. Limpahan air hujan dari daerah aliran tidak bisa langsung masuk ke dalam saluran

3.4 Bentuk Penampang Saluran

Bentuk penampang saluran untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi, pada umumnya dalam perencanaan dimensi saluran harus diusahakan agar dapat memperoleh dimensi penampang yang ekonomis.

Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis sebaliknya dimensi saluran terlalu kecil tingkat kegagalan akan besar. Perencanaan drainase harus Mempertimbangkan juga segi kemudahan dan nilai ekonomis terhadap pemeliharaan sistem drainase tersebut. Adapun penampang saluran dalam perencanaan drainase adalah sebagaimana Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bentuk penampang saluran (Hasmar, 2002)

a. Saluran Trapesium

Saluran Penampang trapesium sangat cocok digunakan untuk debit air yang besar, sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil, baik digunakan pada daerah yang masih cukup tersedia lahan.

b. Saluran Persegi empat

Saluran terbuka berpenampang persegi empat pada umumnya merupakan saluran buatan dan banyak digunakan untuk saluran drainase di perkotaan atau untuk *flume* (drainase jaringan irigasi)

c. Saluran Segitiga

Saluran segitiga digunakan untuk menampung dan menyalurkan air dengan debit yang kecil, saluran segitiga digunakan pada lahan yang cukup terbatas.

d. Saluran Setengah lingkaran

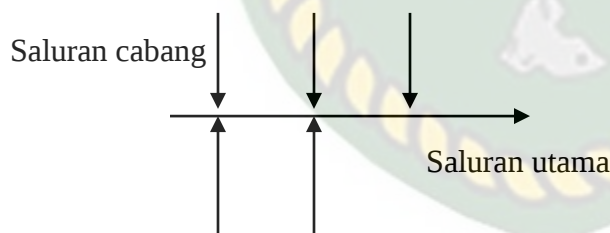
digunakan untuk menampung air dengan debit yang kecil, biasanya digunakan untuk saluran rumah penduduk pada sisi jalan perumahan padat.

3.5 Pola Jaringan Drainase

Didalam jaringan saluran drainase terdapat bentuk dan pola masing-masing saluran tersebut yang dibedakan atas arah dan kondisi dari pada saluran itu sendiri terdiri dari (Hasmar, 2002).

1. Siku

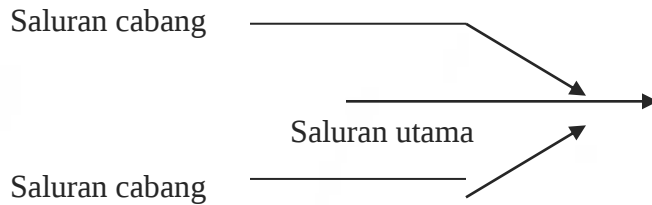
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota. Berikut bentuk saluran siku



Gambar 3.2 Pola Jaringan Siku (Hasmar, 2002).

2. Paralel

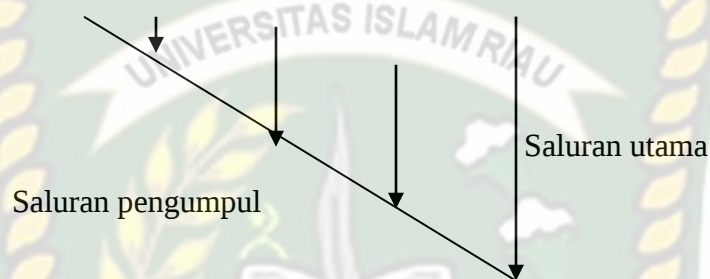
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran dapat menyesuaikan diri. Berikut bentuk saluran paralel



Gambar 3.3 Pola Jaringan Paralel (Hasmar, 2002).

3. *Grid Iron*

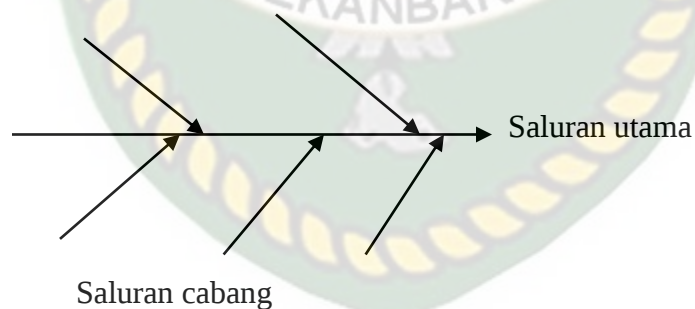
Untuk daerah yang sungainya di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul. Berikut bentuk saluran *Grid Iron*



Gambar 3.4 Pola Jaringan *Grid Iron* (Hasmar, 2002).

4. Alamiah

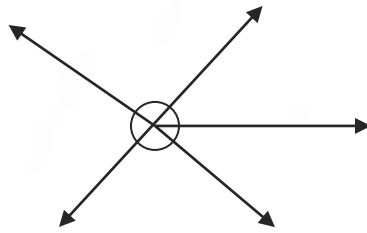
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar. Berikut bentuk saluran alamiah



Gambar 3.5 Pola Jaringan Alamiah (Hasmar,2002).

5. Radial

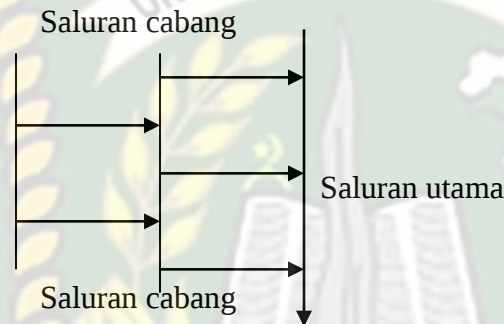
Digunakan pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah. Bentuk saluran radial



Gambar 3.6 Pola Jaringan Radial (Hasmar, 2002).

6. Jaring-jaring

Saluran yang memiliki saluran-saluran pembuang yang megikuti arah jalan raya, dan cocok daerah dengan topografi yang datar. Berikut bentuk saluran jaring-jaring



Gambar 3.7 Pola Jaringan Jaring-jaring (Hasmar, 2002).

3.6 Daerah Tangkapan Air (*Cathment Area*)

Catchment area adalah daerah tadah hujan ke suatu aliran yang berbentuk saluran buatan atau alami (Harto, 1995). Sistem drainase yang baik adalah apabila air hujan di suatu daerah harus segera dapat dialirkan, maka untuk itu perlu dibuat saluran yang menuju saluran utama atau saluran pembuang akhir. Agar air dapat dialirkan dengan optimal dan efektif, maka perlu ditentukan *catchment area* dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau dengan cara.

$$\text{Luas (A)} = \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

$$A_1 = (1/2 \times \text{lebar jalan}) \times \text{panjang saluran}$$

$$A_2 = \text{Lebar bahu jalan} \times \text{panjang saluran}$$

$$A_3 = \text{Lebar asumsi daerah pengaliran} \times \text{panjang saluran}$$

$$A_4 = \text{Lebar drainase} \times \text{panjang saluran}$$

Keempat luasan tersebut ditotalkan, maka didapatlah luas total *catchment area*. (SNI 03 – 3424 – 1994)

Untuk menentukan daerah tangkapan hujan tergantung pada kondisi lapangan suatu daerah dan elevasi permukaan tanah suatu wilayah di sekitar saluran yang bersangkutan. Dari daerah aliran ini kita dapat merencanakan besarnya dimensi saluran yang tergantung dari beberapa faktor, yaitu.

1. Besarnya daerah tangkapan hujan / *catchment area*.
2. Kemiringan daerah tangkapan.
3. Intensitas curah hujan.
4. Koefisien pengaliran.

3.7 Aspek Hidrologi

3.7.1 Pengertian hidrologi

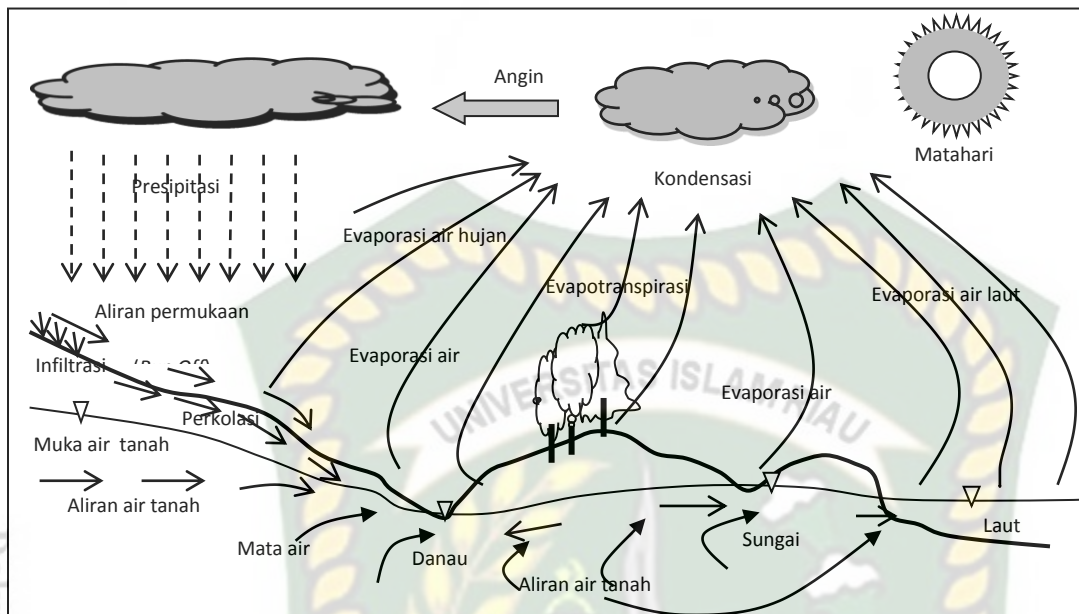
Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahan antara keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi ini (Soemarto, 1986).

Perencanaan dalam mendesain sistem drainase perkotaan diperlukan data mengenai besarnya air yang akan dialirkan. Apabila besar air yang perlu dialirkan sudah ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan perencanaan desainnya. Akan tetapi bila besaran aliran tersebut belum diketahui, maka perlu diestimasi dulu. Besaran aliran tersebut sangat bervariasi berdasarkan intensitas curah hujanya, kepentingan daerah yang perlu dikeringkan, kondisi alam dan pertimbangan ekonomis

3.7.2 Siklus Hidrologi

siklus hidrologi adalah suatu proses yang diawali oleh evaporasi/penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus berproses, sehingga terjadi salju atau hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Pada muka tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air *run off* dan sebagian infiltrasi/meresap ke dalam lapisan tanah. Air *run off* mengalir ke permukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap ke dalam tanah, menambah tinggi muka air tanah, kemudian juga merembes di dalam tanah ke arah muka air

terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai di laut, danau, sungai. Kemudian terjadi lagi proses penguapan. Susunan peristiwa siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Siklus Hidrologi (Suripin,2004).

Adapun beberapa kemungkinan yang terjadi pada siklus (daur) hidrologi antara lain.

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

3.7.3 Curah Hujan

Hujan terjadi akibat adanya penguapan air terutama air permukaan laut yang naik ke atmosfer kemudian mengembun dan akhirnya jatuh, ada yang jatuh ke laut dan ada yang jatuh ke daratan. Air hujan yang jatuh ke daratan sebagian meresap kedalam tanah (*infiltrasi*) dan sebagian menguap kembali ke udara (*evaporasi*) dan sebagian lagi tertahan oleh tumbuhan-tumbuhan (*intersepsi*) sebagian lagi akan menjadi lembab dan mengembun.

Air hujan yang meresap kedalam tanah menguap dan ditahan oleh tumbuh-tumbuhan disebut air hilang, sebagian lagi di tahan oleh danau dan rawa-rawa dan sisanya akan mengalir ke permukaan menuju kebagian yang lebih rendah menuju sungai (Soemarto, 1986).

Air yang meresap kedalam tanah sebagian ada juga yang mengalir melalui pori-pori tanah (*perkolasi*) lalu mengalir ke saluran dan terus menuju ke sungai. Air yang meresap lebih dalam ke dalam tanah akhirnya mencapai permukaan air yang menyebabkan permukaan air tanah akan naik. Kalau curah hujan yang turun terlalu tinggi sedangkan daya tampung tanah kecil otomatis akan besar pula aliran yang mengalir ke permukaan tanah dan semakin besar pula air yang mengalir menuju ke saluran / sungai.

3.7.4 Durasi Hujan

Durasi hujan adalah lamanya kejadian hujan yang dinyatakan dalam menit, jam, hari yang diperoleh dari hasil pencatat alat ukur hujan otomatis.

Dalam perencanaan drainase durasi hujan sering dikaitkan dengan konsentrasi, khususnya untuk drainase perkotaan yang mana memerlukan durasi hujan yang relatif pendek karena mengingatkan akan toleransi lamanya genangan.

3.7.5 Periode Ulang (*Return Periode*)

Periode ulang diartikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui, misalnya hujan dengan periode ulang 25 tahun berarti dalam 25 tahun kemungkinan hujan dengan besaran yang sama atau dilampaui akan terjadi sekali, atau dalam kata lain ada kemungkinan dalam jangka waktu 1000 tahun akan terjadi 40 kali kejadian hujan 25 tahunan, dan bukan berarti akan terjadi setiap 25 tahun secara teratur. Pada umumnya dalam perencanaan sistem drainase perkotaan, digunakan beberapa klasifikasi periode hujan untuk daerah tertentu, dimana penentuan tersebut didasarkan pada pertimbangan ekonomis (Suripin 2004).

Bila penentuan periode ulang dipertimbangkan terhadap kelas jalan, sarana atau tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3.1 Kriteria Periode Ulang (Notodihardjo, 1986).

Jenis Jalan/Guna Lahan/Sarana	Periode Ulang (tahun)
Jalan tol	10
Jalan arteri	10
Jalan kolektor	10
Jalan biasa	10
Perumahan	2 - 5
Pusat Perdagangan	2 - 10
Pusat bisnis	2 - 10
Landasan terbang	5

Besarnya curah hujan maksimum untuk setiap rancangan bangunan air tergantung pada usia guna dan kapasitas tampung, sebagai contoh untuk bangunan waduk yang besar dibutuhkan informasi hujan dengan periode ulang yang besar dengan periode ulang 50 sampai 100 tahunan.

3.7.6 Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi curah hujan diperlukan untuk menentukan jenis sebaran (distribusi). Dalam perencanaan sistem penyaluran air hujan suatu daerah perencanaan diperlukan prediksi besarnya curah hujan maksimum yang terjadi dalam suatu periode (Suripin 2004).

Rumus yang dapat digunakan untuk menentukan analisa frekuensi adalah rumus Metode Gumbel, Log Person Type III dan Metode Log Normal.

Dalam analisa ini, penulis menggunakan Metode Gumbel karena data curah hujan memenuhi syarat Distribusi.

Langkah-langkah perhitungan dalam pemakaian metode ini adalah sebagai berikut.

1. Mencari data curah hujan maksimum tahunan (S_i) sebanyak n tahun
2. Mencari nilai rata-rata dengan rumus

$$\bar{S} = \frac{\sum Si}{n} \dots\dots\dots(3.1)$$

3. Mencari nilai standar deviasi dengan rumus

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (Si - \bar{S})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana.

S_x = Standar deviasi

S_i = Curah hujan dengan periode ulang t tahun (mm)

R = Curah hujan rata-rata (mm)

n = Jumlah pengamatan

- 4 . Mencari nilai *Reduced Mean* (Y_n) dan *Reduced Standart Deviation* (S_n) dari Tabel 3.2 dan 3.4
5. Menentukan nilai *Reduced Variated* (Y_t) dari Tabel 3.3
6. Mencari nilai curah hujan Maksimun (R_{24})

$$R_{24} = \bar{S} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} S_x \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana.

R_{24} = Curah hujan Maksimum dalam 24 jam (mm)

Y_t = *Reduced Variated*

Y_n = *Reduced mean*

S_n = *Reduced standart deviation*

S_x = Standar deviasi

$\bar{S}$ = Curah hujan rata-rata (mm)

Tabel berikut ini harga untuk Y_n , Y_t dan S_n dengan mengacu pada harga N

Tabel 3.2 Hubungan *Reduced Mean* (Y_n) Besarnya Sampel (n) (Soemarto, 1986).

N	Y_n	N	Y_n	N	Y_n	N	Y_n	n	Y_n
10	0,4959	28	0,5534	46	0,5468	64	0,5533	82	0,5572
11	0,4996	29	0,5353	47	0,5473	65	0,5535	83	0,5574
12	0,5035	30	0,5362	48	0,5477	66	0,5538	84	0,5576
13	0,5070	31	0,5371	49	0,5481	67	0,5540	85	0,5578
14	0,5100	32	0,5380	50	0,5485	68	0,5543	86	0,5580
15	0,5128	33	0,5388	51	0,5489	69	0,5545	87	0,5581
16	0,5157	34	0,5396	52	0,5493	7	0,5548	88	0,5583
17	0,5181	35	0,5420	53	0,5497	71	0,5550	89	0,5585
18	0,5202	36	0,5402	54	0,5497	72	0,5552	90	0,5586
19	0,5520	37	0,5428	55	0,5501	73	0,5557	91	0,5587
20	0,5236	38	0,5424	56	0,5504	74	0,5557	92	0,5589
21	0,5235	39	0,5430	57	0,5508	75	0,5559	93	0,5591
22	0,5268	40	0,5436	58	0,5515	76	0,5561	94	0,5592
23	0,5283	41	0,5442	59	0,5581	77	0,5563	95	0,5593
24	0,5296	42	0,5448	60	0,5521	78	0,5565	96	0,5595
25	0,5309	43	0,5443	61	0,5524	79	0,5567	97	0,5596
26	0,5320	44	0,5458	62	0,5527	80	0,5569	98	0,5598
27	0,5320	45	0,5463	63	0,5530	81	0,5570	99	0,5599
								100	0,5600

Tabel 3.3 *Return Periode* (periode ulang) untuk "T" Tahun (Soemarto, 1986).

T	Reduce Variance Yt = Yr
2	0,3656
5	1,4999
10	2,2505
20	2,9702
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2983

Hasil dari *Return Periode* (periode ulang) dari tiap "T" tahun.

Nilai *Reduced Variated* (Yt) dengan rumus.

Untuk : Tr = 2 Tahun, maka Yt = 0,3656

$$Y_t = - \left(0,834 + 2,303 \log \cdot \log \left[\frac{tr}{tr-1} \right] \right) \dots \dots \dots (3.4)$$

Tabel 3.4 Hubungan *Reduced Standar Deviation* (S_n) dengan Besarnya Sampel (n)
(Soemarto, 1986) .

N	S_n	N	S_n	N	S_n	N	S_n	n	S_n
10	0,9496	28	1,1047	46	1,1557	64	1,1792	82	1,1953
11	0,9676	29	1,1086	47	1,1590	65	1,1803	83	1,1959
12	0,9833	30	1,1124	48	1,1607	66	1,1814	84	1,1967
13	0,9971	31	1,1154	49	1,1623	67	1,1824	85	1,1973
14	1,0095	32	1,1193	50	1,1638	68	1,1834	86	1,1980
15	1,0206	33	1,1226	51	1,1658	69	1,1844	87	1,1987
16	1,0316	34	1,1255	52	1,1667	7	1,1554	88	1,1994
17	1,0411	35	1,1258	53	1,1681	71	1,1863	89	1,2001
18	1,0493	36	1,1313	54	1,1687	72	1,1873	90	1,2007
19	1,0565	37	1,1339	55	1,1696	73	1,1881	91	1,2013
20	1,0628	38	1,1363	56	1,1708	74	1,1890	92	1,2020
21	1,0696	39	1,1388	57	1,1721	75	1,1898	93	1,2026
22	1,0754	40	1,1413	58	1,1734	76	1,1906	94	1,2032
23	1,0811	41	1,1436	59	1,1747	77	1,1915	95	1,2038
24	1,0864	42	1,1458	60	1,1747	78	1,1923	96	1,2044
25	1,0915	43	1,1480	61	1,1759	79	1,1930	97	1,2049
26	1,0961	44	1,1499	62	1,1770	80	1,1938	98	1,2055
27	1,1004	45	1,1519	63	1,1782	81	1,1945	99	1,2060
								100	1,2065

3.7.7 Distribusi Curah Hujan Area/ Daerah (*Regional Distribution*)

Data curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pengendalian air adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang ditinjau bukan curah hujan pada titik tertentu, curah hujan ini disebut curah hujan areal/ daerah yang dinyatakan dalam millimeter curah hujan daerah ini harus diperkirakan dari titik pengamatan curah hujan

Cara perhitungan curah hujan rata-rata daerah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain.

1. Cara Rata-Rata Aljabar

Cara ini dengan perhitungan rata-rata secara aljabar tinggi curah hujan diambil dari harga rata-rata dari stasiun pengamat di daerah yang bersangkutan.

Persamaan rata-rata aljabar.

$$\bar{R} = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana.

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

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

$R_1 R_2 R_3$ = Curah hujan titik pengamatan (mm)

2. Cara Poligon Thiessen

Jika titik-titik di daerah pengamatan didalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.

Persamaan Thiessen.

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 \dots \dots \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots \dots \dots + A_n} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana.

$R_1 R_2 R_3$ = Curah hujan titik pengamatan (mm)

$A_1 A_2 A_3$ = Luas daerah yang mewakili titik pengamatan (m²)

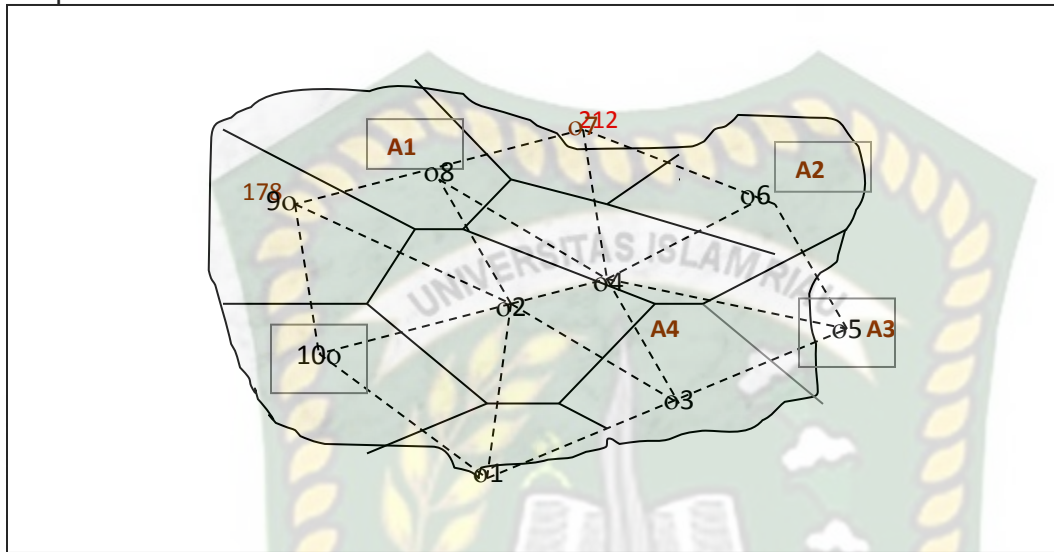
R = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

n = Jumlah titik pengamatan

Bagian-bagian $A_1 A_2 A_3$ ditentukan dengan cara sebagai berikut.

- a. Cantumkan titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar daerah itu pada peta tofografi dengan skala, kemudian dihubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus. Dengan demikian akan terlukis jaringan segitiga yang menutupi seluruh daerah

- b. Daerah yang bersangkutan dibagi dalam poligon-poligon yang didapat dengan menggambar garis bagi tegak lurus pada setiap sisi segitiga tersebut diatas. Curah hujan dalam setiap poligon dianggap mewakili curah hujan dari titik pengamatan dalam tiap poligon itu. Luas tiap poligon diukur dengan planimeter atau dengan cara lain. Untuk lebih mudah dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Pembagian Daerah dengan Cara Thiessen (Wilson, 1993).

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.

3. Cara Ishoyet

Peta ishoyet digambarkan pada peta topografi dengan perbedaan 10 mm dan 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik pengamatan di dalam dan di sekitar yang dimaksud. Luas bagian antara 2 garis ishoyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dan garis ishoyet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian daerah itu dapat dihitung untuk lebih mudah dapat dilihat pada Gambar 3.11 curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan berikut ini.

Persamaan Ishoyet.

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.7)$$

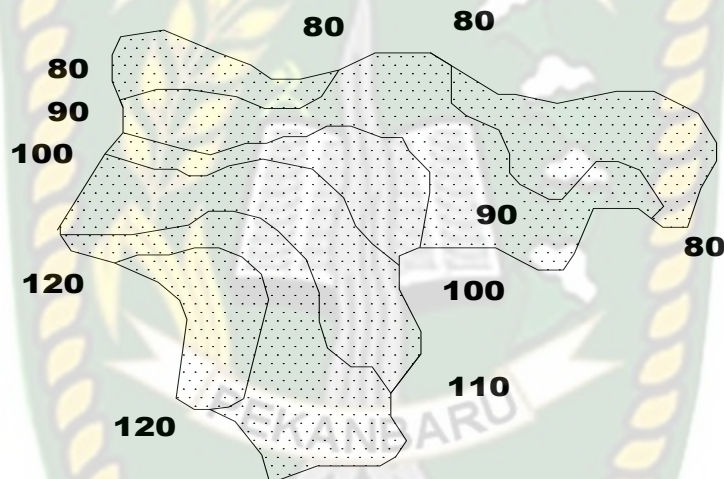
Dimana.

R = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

$R_1 R_2 R_3$ = Curah hujan rata-rata pada bagian garis isohyet (mm)

$A_1 A_2 A_3$ = Luas bagian antara garis isohyet (m^2)

Cara ini adalah cara rasional yang terbaik jika garis isohyet dapat digambar dengan teliti, seperti contoh dibawah ini.



Gambar 3.11 Cara Garis Ishoyet (Hasmar, 2002).

3.7.8 Intensitas Curah Hujan (*Rain Fall Intensity*)

Intensitas hujan adalah besarnya jumlah hujan yang turun, yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas curah hujan dan kondisi yang dapat ditimbulkan sesuai dengan derajat hujannya dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Derajat Hujan Menurut Intensitas Curah Hujan dan Kondisinya (Sosrodarsono, Takeda,1987).

Derajat Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan sangat lemah	<0,02	Tanah agak basah atau di basahi sedikit
Hujan lemah	0,02-0,05	Tanah menjadi basah semua tapi sulit membuat puddel
Hujan normal	0,05-0,25	Dapat di buat puddel dan bunyi curah hujan kedengaran air tergenang diseluruh
Hujan deras	0,25-1	Permukaan tanah dan bunyi hujan keras kedengaran dari genangan
Hujan sangat deras	>1	Hujan seperti di tumpahkan saluran meluap

Besarnya debit banjir ditentukan oleh besarnya intensitas hujan dalam jangka pendek (intensitas perjam) intensitas curah hujan rata-rata dalam t jam dinyatakan dengan rumus.

$$It = \frac{Rt}{t} \dots\dots\dots (3.8)$$

Rumus eksperimental yang diambil dari saluran drainase muka tanah (drainase perkotaan), sering digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan sesuai dengan lamanya curah hujan atau frekuensi kejadian adalah .

1. TALBOT

$$I = \frac{a'}{t + b} \dots\dots\dots(3.9)$$

Rumus ini banyak digunakan karena mudah di terapkan dimana terapan a dan b ditentukan dengan harga yang diukur.

2. SHERMAN

$$I = \frac{a}{t''} \dots\dots\dots(3.10)$$

Rumus ini cocok untuk curah hujan dengan jangka waktu pendek lebih dari 2 jam.

3. ISHIGURO

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}} \dots\dots\dots(3.11)$$

4. MONONOBE

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(3.12)$$

Rumus Mononobe merupakan perpaduan dari rumus 1, 2, dan 3 dimana dipakai menghitung intensitas curah hujan setiap waktu berdasarkan data curah hujan harian (panjang pendek).

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

a, b = Ketetapan

t = Lamanya curah hujan

- R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
 R_t = Curah hujan selama t jam.
 I_t = Intensitas curah hujan rata-rata (mm/jam)

3.8 Aspek Hidrolika

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran pada waktu dan saluran yang koefisien pengalirannya dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung.

3.8.1 Waktu Konsentrasi (*Time of Concentration*)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan seperti waduk, anak sungai sebagai tempat pembuangan akhir di bagian hilir suatu aliran (Hasmar, 2002).

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi 2 bagian.

1. *Intlet time* (t_o) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
2. *Conduit Time* (t_d) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol dibagian hilir.

Untuk saluran drainase perkotaan T_c dibedakan atas waktu yang diperlukan untuk mengalir ke permukaan tanah ke saluran terdekat (t_o) dan waktu untuk mengalir di dalam salurannya ke tempat yang diukur.

Dalam menentukan besarnya waktu konsentrasi dapat digunakan persamaan.

$$T_c = t_o + t_d \dots \dots \dots (3.13)$$

$$t_o = (2/3 \cdot 3,28 \cdot L_o \cdot \frac{nd}{\sqrt{s}})^{0,167} \dots \dots \dots (3.14)$$

$$t_d = \frac{L}{60 \cdot V} \dots \dots \dots (3.15)$$

Dimana.

- T_c = Waktu konsentrasi (jam)
 t_o = Waktu inlet (jam)
 t_d = Waktu aliran (jam)

L_o = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

nd = Koefisien hambatan

S = Kemiringan daerah pengaliran

V = Kecepatan air di saluran (m/dt)

Sebagai pedoman dalam menentukan koefisien hambatan (nd) dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Hubungan Kondisi Permukaan dengan Koefisien Hambatan (SNI, 03-3424- 1994).

No	Kondisi Lapis Permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,10
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit	0,20
5	kasar	0,40
6	Padang rumput dan rerumputan	0,60
7	Hutan gundul	0,80
	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	

Agar keadaan saluran terjamin terhadap adanya pengaruh dari aliran air, maka kecepatan aliran disesuaikan dengan kondisi dari tanah saluran sehingga tidak merusak dinding maupun dasar saluran yang direncanakan. Untuk mendapatkan kecepatan air pada saluran dapat ditentukan dengan menggunakan perkiraan kecepatan air pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Kecepatan Aliran (Hasmar, 2002).

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

3.8.2 Koefisien Pengaliran (*Run of Coefficient*)

Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari. Koefisien pengaliran atau angka pengaliran adalah perbandingan antara tinggi aliran dengan tinggi hujan pada suatu daerah dan dalam jangka waktu yang ditentukan.

Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi beberapa faktor, yaitu.

1. Topografi daerah pengaliran

Topografi daerah yang berpengaruh terutama bentuk dan kemiringan daerah pengaliran dimana kemiringan dan akan berpengaruh terhadap lama waktu mengalirnya air hujan melalui permukaan tanah ke saluran drainase yang di rencanakan.

2. Perbedaan penggunaan lahan

Dengan adanya bermacam-macam penggunaan lahan seperti untuk bangunan, pembukaan tanah pertanian dan lain-lain dapat merubah keadaan dan sifat daerah alirannya. Besarnya aliran permukaan tergantung dari banyaknya air hujan yang meresap. Berapa besarnya air hujan yang meresap tergantung pula dari tingkat kerapatan permukaan tanah, dan ini berkaitan dengan penggunaan lahan.

3. Jenis tanah dan kelembaban tanah

Tiap daerah mempunyai jenis tanah yang berbeda. Tujuan dari pengetahuan tentang jenis tanah ini adalah untuk menentukan kemampuan menyerap air. Berdasarkan infiltrasi aliran permukaan atau *run off* sangat dipengaruhi oleh jenis tanah dan kelembaban yang berbeda-beda.

Dengan adanya faktor-faktor tersebut di atas, maka akan terjadi harga koefisien yang berubah-ubah dari waktu ke waktu sesuai dengan perubahan faktor-faktor yang bersangkutan. Sebagai acuan dapat diketahui besarnya harga koefisien pengaliran seperti terlihat pada Tabel 3.8 di bawah ini.

Tabel 3.8 Koefisien *run off* (Hasmar, 2002).

Tipe Area	Koefisien <i>run off</i>
Pegunungan yang curam	0,75 – 0,90
Tanah yang bergelombang dan hutan	0,50 – 0,75
Dataran yang ditanami	0,45 – 0,60
Atap yang tidak tembus air	0,75 – 0,90
Perkerasan aspal, beton	0,80 – 0,90
Tanah berbutir halus	0,40 – 0,55
Tanah padat sulit diresapi	0,40 – 0,55
Tanah agak mudah diresapi	0,05 – 0,35
Taman/lapangan terbuka	0,05 – 0,25
Kebun	0,20
Perumahan tidak begitu rapat (20 rumah / ha)	0,25 – 0,40
Perumahan kerapatan sedang (21-60 rumah / ha)	0,40 – 0,70
Perumahan rapat (61-160 rumah / ha)	0,70 – 0,80
Daerah rekreasi	0,20 – 0,30
Daerah industri	0,80 – 0,90
Daerah perniagaan	0,90 – 0,95

Bila daerah pengaliran terdiri dari beberapa kondisi area yang mempunyai nilai koefisien *run off* yang berbeda, maka harga koefisien *run off* ditentukan dengan persamaan

$$\alpha = \frac{\alpha_1.A_1 + \alpha_2.A_2 + \alpha_3.A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots(3.16)$$

Dimana.

α = Koefisien run off

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe area.

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi area.

3.8.3 Koefisien Penyebaran Hujan (β)

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

Tabel 3.9 Koefisien Penyebaran Hujan (β) (Hasmar, 2002).

Luas Daerah Pengaliran (km ²)	Koefisien Penyebaran Hujan (β)
≤ 4	1,000
5	0,995
10	0,980
15	0,955
20	0,920
25	0,875
30	0,820
50	0,500

3.8.4 Kecepatan Aliran

Dalam menentukan kecepatan aliran saluran perlu ditetapkan kriterianya supaya tidak terjadi pengendapan dan pengerusan. Persamaan-persamaan yang di gunakan adalah sebagai berikut.

1. Persamaan Strickler

$$V = K R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots(3.17)$$

2. Persamaan Manning

$$V = \frac{1.47}{n} R^{2/3} I^{1/2} \text{ (English Unit)}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \text{ (Matrik Unit)} \dots\dots\dots (3.18)$$

Dimana.

V = Kecepatan rata-rata (m/det)

R = Jari-jari hidrolis $R = \frac{A}{P}$ (m)

I = Kemiringan dasar saluran

n = Koefisien kekasaran Manning

K = Koefisien kekasaran Stickler

A = Luas penampang basah (m^2)

P = Keliling basah (m)

3. Persamaan de Chezy

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot I} \dots\dots\dots (3.19)$$

Untuk menentukan koefisien C pada persamaan de Chezy dapat menggunakan salah satu persamaan di bawah ini.

4. Persamaan Bazin

$$C = \left(\frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \right) \dots\dots\dots (3.20)$$

5. Persamaan Kutter

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{1} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left(23 + \frac{0.00155}{1} \right)} \dots\dots\dots (\text{pers 3.21})$$

Dimana.

C = Koeffisien Chezy ($m^{1/2}$)

R_s = Jari-jari Hidrolis

I = Kemiringan dasar saluran

m = Perbandingan kemiringan talud

n = Koeffisien kekasaran Manning

Pada rumus de Chezy nilai C diambil dari rumus bazin yang biasa dipakai Indonesia. Untuk menentukan koeffisien kekasaran dinding saluran pada persamaan Manning dapat dilihat pada Tabel 3.10 dibawah ini.

Tabel 3.10 Koeffisien Kekasaran Dinding Saluran (Notodihardjo, 1986).

Jenis Saluran	Koeffisien Manning (n)
1. Saluran galian	
- Saluran tanah	0,022
- Saluran pada batuan, digali merata	0,035
2. Saluran dengan lapisan perkerasan	
- Lapisan beton seluruhnya	0,015
- Lapisan beton pada kedua sisi saluran	0,020
- Lapisan blok beton pracetak	0,017
- Pasangan batu, diplester	0,020
- Pasangan batu, diplester pada kedua sisi saluran	0,022
- Pasangan batu disiar	0,025
- Pasangan batu	0,030
2. Saluran alam	
- Berumput	0,027
- Semak-semak	0,50
-Tidak beraturan, banyak semak dan pohon, batang pohon banyak jatuh ke saluran	0,150

Selanjutnya untuk menentukan besarnya debit aliran yang akan melalui saluran maupun gorong-gorong dapat dihitung dengan persamaan.

$$Q = V \cdot F \dots\dots\dots (3.22)$$

Dimana.

Q = Besarnya debit pengaliran (m^3/dt)

V = Kecepatan rata-rata (m/dt)

F = Luas penampang basah (m^2)

3.9 Analisa Debit Air Limbah

Dalam menentukan besarnya buangan air limbah (Q_{limbah}), kita perlu mengetahui besarnya kebutuhan air penduduk dalam tiap-tiap wilayah yang ditinjau. Besarnya kebutuhan air oleh penduduk menurut Direktorat Teknik Penyehatan. Dirjen Cipta Karya DPU. dibagi sesuai dengan jenis keperluannya sebagai berikut .

1. Bangunan umum
 - a. Sekolah = 20 liter/orang/ hari
 - b. Kantor = 30 liter/orang/hari
 - c. Rumah ibadah = 3000 liter/bangunan / hari
 - d. Rumah sakit = 400 liter/ orang/ hari
2. Bangunan komersil
 - a. Toko = 1000 liter/ bangunan/ hari
 - b. Penginapan = 300 liter/ tempat tidur/ hari
 - c. Pasar = 25000 liter/ gedung/ hari
 - d. Bioskop = 5000 liter/ gedung/ hari
3. Bangunan Industri = 10000 liter/ 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 1987).

debit air limbah untuk masing-masing fasilitas dapat dihitung dengan rumus .

1. Bangunan Umum
 - a. Sekolah

(x).(n).0,02.80%

b. Kantor

(x).(n).0,3.80%

c. Rumah ibadah

(x).(n).80%

2. Bangunan Komersil

(x).(n).80%

3. Bangunan Rumah Tangga

(x).(5.).0,09.80%

Dimana .

x = banyak contoh bangunan.

n = banyak orang dalam contoh penelitian.

3.10 Analisa Debit Rencana Dengan Metode Rasional

Debit rencana untuk daerah perkotaan umumnya dikehendaki pembuangan air yang secepatnya agar jangan ada genangan air. Untuk memenuhi tujuan ini saluran-saluran dibuat cukup sesuai dengan debit rencana. Faktor-faktor yang menentukan sampai berapa tinggi genangan air yang diperbolehkan agar tidak menimbulkan kerugian adalah.

1. Berapa luas daerah yang akan tergenang

2. Berapa lama waktu genangan tersebut

Daerah perkotaan umumnya merupakan bagian dari suatu daerah aliran yang lebih luas, dan di daerah aliran ini sudah ada sistem drainase alami. Perencanaan dan pengembangan sistem bagi suatu daerah perkotaan yang baru harus diselaraskan dengan sistem drainase alami sudah ada, agar keadaan aslinya dapat dipertahankan sejauh mungkin.

Besarnya debit rencana dihitung dengan memakai metode rasional kalau daerah alirannya kurang dari 80 Ha, untuk daerah aliran yang lebih luas sampai dengan 5000 Ha dapat digunakan metode rasional yang dimodifikasi.

Persamaan metode rasional yang digunakan adalah .

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot I \cdot A \text{ (m}^3/\text{det)} \dots\dots\dots (3.23)$$

Dimana.

Q = Debit rencana dengan masa ulang t tahun (m³/ detik)

α = Koefisien pengaliran

β = Koefisien penyebaran hujan

I = Intensitas selama waktu konsentrasi (mm/ jam)

A = Luas daerah aliran (m^2)

Besarnya debit rencana aliran (Q_r) yang ditimbulkan oleh aliran air hujan dan aliran air limbah adalah.

$$Q_r = Q + Q_{limbah} \dots \dots \dots (3.24)$$

Dimana.

Q_r = Debit aliran rencana (m^3/ detik)

Q = Debit aliran air hujan (m^3/ detik)

Q_{limbah} = Debit aliran air limbah (m^3/ detik)

3.11 Perencanaan Saluran

Sebelum merencanakan dimensi saluran langkah pertama yang harus diketahui adalah berapa debit rencananya dan untuk menghitung debit rencana perlu diketahui berapa luas daerah yang harus dikeringkan oleh saluran tersebut. Besarnya air yang dibuang berdasarkan tata guna lahan. Jadi langkah pertama adalah merencanakan tata letak berdasarkan peta kota dan peta tofografi setelah besarnya debit untuk masing-masing saluran diketahui baru dilakukan perhitungan dimensi saluran.

Untuk merencanakan dimensi penampungan pada saluran drainase digunakan pendekatan rumus-rumus aliran seragam. Untuk penampang saluran drainase dapat merupakan saluran terbuka maupun saluran tertutup tergantung dari kondisi daerahnya. Rumus kecepatan rata - rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning karena rumus ini mempunyai bentuk yang sangat sederhana tetapi memberikan hasil yang memuaskan oleh karena itu rumus ini luas penggunaannya sebagai ruang aliran seragam dalam perhitungan saluran.

Dalam menentukan ukuran-ukuran profil saluran harus diusahakan supaya biaya untuk pembuatan dan pemeliharaannya menjadi serendah-rendahnya. Untuk menekan biaya pembuatannya, diusahakan supaya luas irisan saluran sekecil-kecilnya. Dengan demikian tidak diperlukan tanah yang terlalu lebar dan penggalian tanahnya pun tidak terlalu banyak. Karena luas irisan tanah $F = Q/V$, maka untuk mendapatkan F sekecil-kecilnya, kecepatan air V harus

dibuat sebesar-besarnya. Walaupun demikian, V tidak boleh demikian besar hingga menyebabkan tergerusnya dasar dan tebing-tebing saluran.

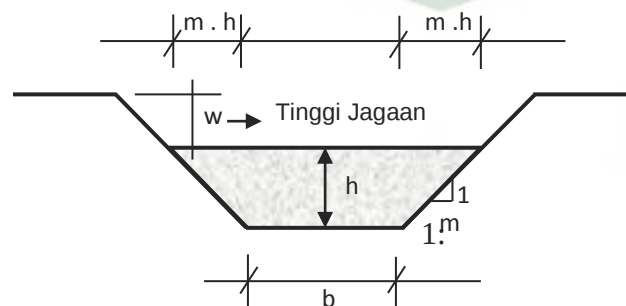
Tingginya air di dalam saluran juga tidak boleh terlalu besar, supaya tidak menambah pengendapan dan juga tidak menyulitkan pemeliharannya. Kalau b adalah dasar saluran dan h adalah tinggi air, maka perbandingan $b : h$ dapat ditetapkan sebagai berikut

Tabel 3.11 Hubungan Debit dengan Perbandingan $b : h$ (Subarkah, 1980).

Q (m^3/det)	$b : h$
0,0 – 0,5	1
0,5 – 1,0	1,5
1,0 – 1,5	2,0
1,5 – 3,0	2,5
3,0 – 4,5	3,0
4,5 – 6,0	3,5
6,0 – 7,5	4,0
7,5 – 9,0	4,5
9,0 – 11,0	5,0

Bentuk – bentuk penampang saluran ekonomis yang sering digunakan sebagai berikut.

1. Saluran bentuk trapesium



Gambar 3.12 Penampang Saluran Trapesium (Soemarto, 1986).

Untuk mencari panjang sisi miring digunakan persamaan

$$= \sqrt{h^2 + (m.h)^2}$$

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

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

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

Maka keliling basah saluran

$$O = b + 2. h\sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots(3. 25)$$

Mencari luas penampang basah

$$F = (b. h + 2. \frac{1}{2}. m. h. h)$$

$$F = (b. h + m. h. h)$$

$$F = (b + m. h) h \dots\dots\dots(3. 26)$$

Untuk menghitung jari-jari hidrolis

$$Rs = F/O \dots\dots\dots(3. 27)$$

Menghitung lebar atas saluran

$$\begin{aligned} B &= m. h + b + m. h \\ &= b + 2m. h \dots\dots\dots(3.28) \end{aligned}$$

Dimana.

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi saluran tergenang air (m)

m = Perbandingan kemiringan talud

F = Luas penampang basah saluran (m²)

O = Keliling basah saluran (m)

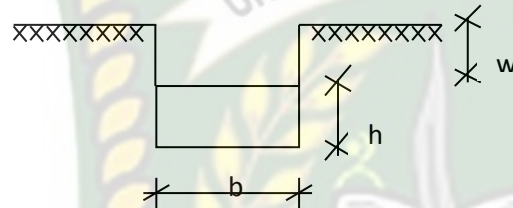
Rs = Jari-jari hidrolis (m)

Untuk memperhitungkan pengaruh kemiringan talud dapat dilihat pada hubungan debit dengan kemiringan talud pada Tabel 3.12 berikut

Tabel 3.12 Hubungan Debit dengan Kemiringan Talud (SNI, 03- 3424- 1994).

Q (m ³ /det)	Kemiringan Talud
0,00 – 0,75	1 : 1
0,75 – 15	1 : 1,5
15 - 80	1 : 2

2. Saluran bentuk segi empat



Gambar 3.13 Penampang Saluran Persegi (Hasmar, 2002).

Luas penampang basah dihitung dengan .

$$F = b.h \dots\dots\dots(3.29)$$

Mencari keliling basah saluran

$$O = b + 2h \dots\dots\dots(3.30)$$

Untuk menghitung jari-jari hidrolis

$$R = F/O \dots\dots\dots(3.31)$$

Dimana.

B = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi saluran tergenang air (m)

F = Penampang basah saluran (m²)

O = Keliling basah saluran (m)

Rs = Jari jari hidrolis (m)

Dalam perencanaan dimensi saluran ini, profil saluran yang direncanakan berbentuk trapesium.

3.12 Tinggi jagaan (Free Board)

Tinggi jagaan adalah jarak vertikal dari permukaan air pada kondisi desain ke puncak tanggul saluran. Besarnya ambang batas jagaan tergantung dari beberapa faktor, seperti ukuran saluran, kecepatan aliran, adanya air hujan yang masuk dan biasanya berdasarkan perkiraan saja untuk mencegah luapan air akibat gelombang dalam saluran. Sebagai pendekatan tinggi jagaan dapat mengacu pada Hubungan antara tinggi jagaan dengan debit, seperti Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Hubungan antara Debit dan Tinggi Jagaan (Notodihardjo, 1986).

No	Debit (m^3/dt)	Tinggi Jagaan (m)
1	< 1	0,4
2	1 - 2	0,5
3	2 - 5	0,6
4	6 - 10	0,7
5	11 - 15	0,8
6	15 - 50	0,9
7	50 - 150	1,2
8	> 150	1,5

Pada Tabel 3.11 di atas jika saluran yang besar, sedangkan untuk saluran yang kecil diambil ambang batasnya 15 cm -30 cm (Notodjhardjo, 1986).