

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Darainase

Meneladani (Budiyarti, 2018), Drainase ialah salah satu infrastruktur pendukung jalan. Jika drainase yang dimiliki baik, jalan juga akan bekerja dengan baik. Sistem drainase dapat diartikan sebagai suatu hal yang memiliki keunggulan untuk mengatasi persoalan air yang berlebih di atas ataupun di bawah muka tanah. Hujan deras yang berkepanjangan merupakan penyebab kelebihan air yang dikeluarkan. (Wesli, 2008)

2.2 Drainase Perkotaan

Drainase yang berada pada area perkotaan yang memiliki kegunaan guna mengelola/mengontrol air permukaan disebut drainase perkotaan. Tujuannya agar tidak mengganggu serta tidak memberikan kerugian bagi masyarakat. (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012)

2.3 Fungsi Drainase

Drainase memiliki beberapa kegunaan, yaitu:

1. Terhindarnya suatu area (terutama tempat padat penduduk) dari genangan air atau banjir.
2. Tanah pada tempat padat penduduk fungsinya bakal maksimal sebab humiditas air bisa dihindari.
3. Mengenai pengoptimalan tata guna lahan dan meminimalisir rusaknya struktur tanah baik pada jalan ataupun bangunan maka sangat penting bilamana sistem drainase direncanakan sebaik-baiknya.

2.4 Sistem Drainase

Sistem drainase adalah sistem yang memiliki keunggulan dalam mengatasi persoalan kelebihan air di bawah dan di atas permukaan. Hujan deras berkepanjangan yang menjadi penyebab kelebihan air yang dikeluarkan. Medan dan penggunaan lahan dapat berubah akibat urbanisasi di sepanjang lembah sungai. Jika dampak-dampak ini tidak direncanakan, dan dilaksanakan dengan baik, maka lingkungan akan sangat menderita. Oleh karena itu, organisasi pemerintah,

perencana, dan insinyur berkolaborasi untuk merancang rencana pertumbuhan wilayah metropolitan dan pembangunan sistem drainasenya.

Sistem drainase perkotaan secara *general* terbagi menjadi 2 macam yakni: Drainase Major dan Drainase Minor.

1. Drainase Major

Drainase utama (*Major*) bertujuan menampung air hujan dari daerah aliran sungai kecil dan menyalurkannya ke outlet yang mengalir ke sungai atau laut. Jalur air ini meliputi sungai alami dan kanal buatan, dll. Ini adalah kunci untuk membuat air di kota aman karena harus mampu menahan hujan yang lebih sedikit dibandingkan frekuensi badai saat ini, tergantung pada kesejahteraan kota yang dilayaninya. Sistem ini mewakili jaringan air perkotaan di suatu wilayah atau kota yang bertanggung jawab atas pengelolaan, pengoperasian, dan pemilihannya.

2. Drainase Minor

Drainase kecil (*Minor*) ialah bagian dari sistem drainase keseluruhan yang menampung air di bagian hulu dan membuangnya ke drainase utama. Sistem ini umumnya dirancang untuk unit hidrologi kecil berukuran sekitar 4 sampai 8 ha. Sistem ini dapat digunakan untuk perumahan, komersial, industri atau kawasan kecil lainnya yang berkarakter perkotaan. Karena sistem ini mewakili jaringan air perkotaan yang dicakup oleh kawasan pengembangan perkotaan, seperti real estate, kawasan komersial, fasilitas industri, pengembangan pasar, dll, dimana pengoperasian sistem tersebut berada pada tingkat administrasi. Saluran kecil menampung air hujan dari unit dan memindahkannya ke saluran utama dari outlet. Debit ini merupakan akhir dari drainase kecil. (DR. IR. A. SYARIFUDIN, 2017)

2.5 Jenis-Jenis Drainase

2.5.1 Sesuai dengan cara kerjanya

Berdasarkan cara kerjanya, saluran drainase dibagi menjadi 4 yakni:

1. Saluran Penerima (*Canal Inceptor*)

Saluran penerima memiliki fungsi mencegah agar muatan tidak menyebar ke area di bawahnya. Saluran ini didesain dengan arah hampir tegak lurus. Pembuangan saluran ini biasanya terdapat pada saluran pengangkut (pembawa) atau pengumpul atau badan air alami.

2. Saluran Pengumpul (*Canal Collector*)

Saluran pengumpul biasanya dipakai untuk menampung air dari kanal-kanal kecil, kemudian dialirkan ke kanal pembawa.

3. Saluran Pembawa (*Canal Conveyor*)

Saluran pembawa mempunyai tugas untuk mengalirkan air limbah dari suatu daerah ke tempat pembuangan tanpa menimbulkan ancaman bagi area yang dilaluinya.

2.5.2 Berdasarkan Eksistensinya

Berdasarkan keberadaan (eksistensi), terdapat dua jenis sistem jaringan drainase yaitu *natural drainage* dan *artificial drainage*. (DR. IR. A. SYARIFUDIN, 2017)

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Serangkaian jaringan air alami telah dibangun lewat berbagai proses alami dari tahun ke tahun, tanpa campur tangan manusia. Kondisi ini terjadi ketika:

- a. Tanah cukup miring ($i = \text{cukup}$)

Pada lahan yang landai, air hujan akan mengalir dengan sendirinya, masuk ke saluran air yang ada dan masuk ke sungai. Air yang mengalir di atas daratan disebut "Limpasan".

- b. Tanah yang cukup porous

Pada tanah yang porositasnya cukup, air akan masuk ke tanah (*infiltration*) serta bercampur dengan air tanah sehingga membentuk sumber air tanah.

2. *Artificial Drainage* (Drainase Buatan)

Drainase ini sengaja dibuat demi kepentingan pengeringan suatu daerah. Kekurangannya, biaya yang dikeluarkan untuk membuat drainase buatan ini relatif mahal. Sebab, perlu adanya pipa, saluran air, pompa, dll. Oleh karena itu,

dalam merencanakan drainase suatu kota atau suatu daerah tertentu diperlukan sistem drainase secara alamiah (natural).

2.5.3 Menurut konstruksi

Menurut konstruksinya, ada 2 jenis, seperti:

1. Kanal drainase terbuka

Kanal terbuka memiliki fungsi untuk membawa air limbah domestik ataupun air hujan. Ada kanal terbuka yang tidak membutuhkan lapisan pelindung. Lapisan tersebut sering dibutuhkan pada saluran terbuka pada area perkotaan.

2. Kanal Drainase Tertutup

Drainase jenis tertutup memiliki fungsi membuang kotoran dan air kotor yang berimbas tidak baik untuk kesehatan.

2.5.4 Menurut fungsi

Drainase dibedakan menurut fungsinya menjadi dua jenis, yakni:

1. *Single purpose drainage*

Drainase ini digunakan khusus untuk membuang satu macam aliran air limbah.

2. *Multy purpose drainage*

Saluran pembuangan ini mempunyai fungsi membuang beberapa jenis aliran air dalam satu waktu atau lainnya.

2.5.5 Menurut letak saluran

Saluran air dibedakan menurut lokasinya menjadi 2, yakni:

1. Drainase permukaan tanah (*Surface Drainage*)

Tujuan dari drainase ini ialah untuk membawa aliran air dari permukaan. Saat menganalisis limpasan permukaan, analisis saluran terbuka dapat digunakan.

2. Drainase bawah tanah (*Sub Surface Drainage*)

Kanal pembuangan ialah kanal air bawah tanah biasanya menggunakan pipa. Saluran ini dipakai untuk alasan seperti keindahan atau persyaratan.

2.5.6 Menurut konsepnya

Berdasarkan teorinya, dibagi menjadi dua, yakni:

1. Drainase konvensional

Fungsi utama drainase ini yakni mengalirkan dan/atau mengangkut kelebihan air langsung ke sungai. Hal tersebut memerlukan pengurasan air guna membawa aliran air ke sungai dan ke laut secepat-cepatnya. Tetapi, bila difungsikan di semua bidang, bisa menimbulkan dampak negatif. Dampak penerapan konsep hidrologi adalah kekeringan, erosi tanah, pendangkalan, dan banjir. Kelemahan utama ide ini adalah memompa air secepat mungkin sehingga air sulit meresap ke tanah. Persoalan itu mengakibatkan berkurangnya air tanah sehingga menyebabkan kekeringan pada musim kemarau, sehingga menyebabkan kekeringan.

2. Drainase Ramah Lingkungan

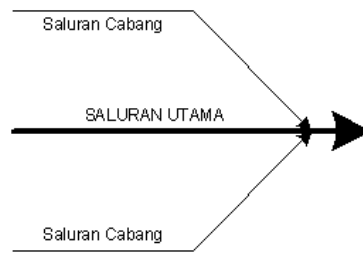
Persepsi drainase berupaya mengendalikan jumlah air sambil memfasilitasi infiltrasi air ke tanah juga memindahkannya ke sungai. Asumsi tersebut mewajibkan air hujan tidak mengalir ke sungai secara langsung. Nantinya, air yang ada di tanah konstan tertahan dan sebagai tempat penampungan air saat musim kemarau. Cara penerapan konsep ramah pada lingkungan adalah dengan menerapkan metode pembuatan zona perlindungan air tanah, metode polder sepanjang sungai, metode sumur dan dapat menggunakan kolam tampung.

2.6 Bentuk Jaringan Drainase

Ketika merancang sistem drainase suatu wilayah, perhatian mesti diberikan pada sistem drainase dengan mempertimbangkan topografi dan penggunaan lahan pada wilayah tersebut. Jenis jaringan drainase antara lain:

1. Bentuk Jaringan Paralel

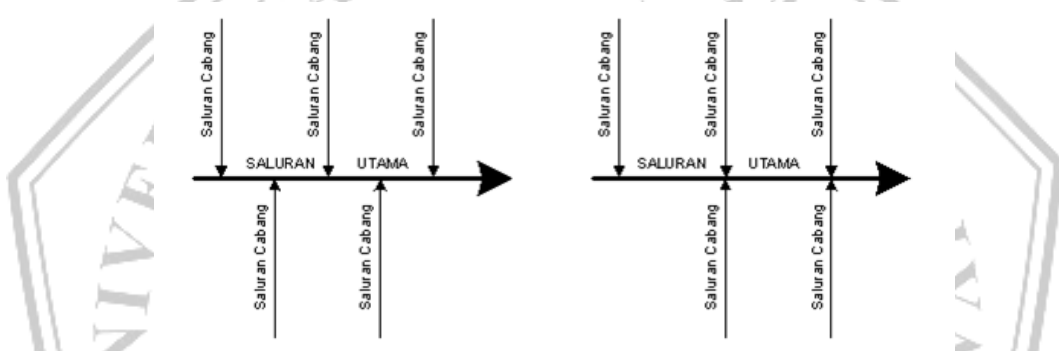
Ciri utama jaringan jenis ini adalah saluran utama dan saluran cabangnya sama. Karena saluran ini dapat beradaptasi dengan perubahan infrastruktur atau perluasan kota.



Gambar 2. 1 Bentuk Jaringan Drainase Paralel

2. Bentuk Jaringan Siku

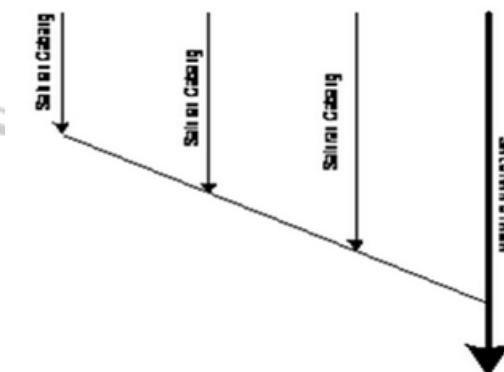
Bentuk jaringan siku dipakai di daerah dengan ketinggian lebih tinggi daripada sungai. Sungai ini berfungsi seperti kanal pembuangan sampah/limbah terbesar di pusat kota.



Gambar 2. 2 Bentuk Jaringan Drainase Siku

3. Bentuk Jaringan Grid Iron

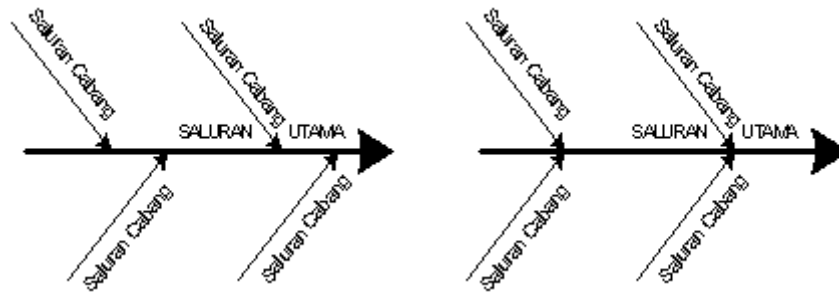
Jaringan jenis ini mempunyai ciri saluran cabang yang berhimpun pada satu titik, yaitu saluran agregasi. Tipe ini cocok untuk kawasan pantai di pinggiran kota.



Gambar 2. 3 Bentuk Jaringan Drainase Grid Iron

4. Bentuk Jaringan Alamiah

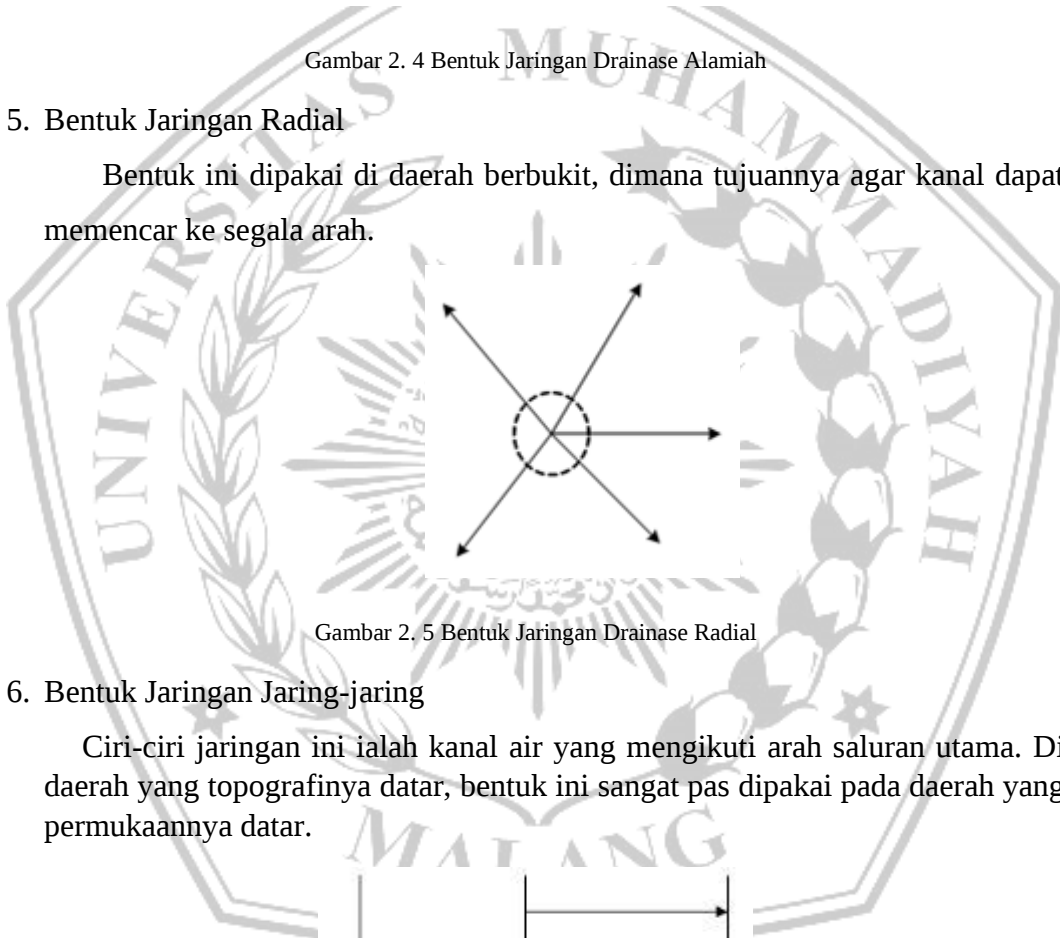
Bentuk jaringan ini mirip dengan bentuk jaringan drainase siku, namun beban sungainya lebih banyak.



Gambar 2. 4 Bentuk Jaringan Drainase Alamiah

5. Bentuk Jaringan Radial

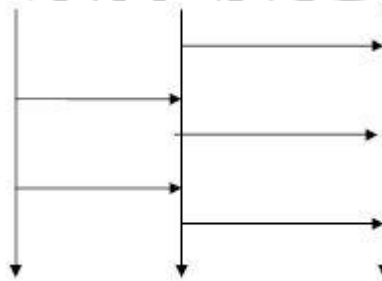
Bentuk ini dipakai di daerah berbukit, dimana tujuannya agar kanal dapat memencar ke segala arah.



Gambar 2. 5 Bentuk Jaringan Drainase Radial

6. Bentuk Jaringan Jaring-jaring

Ciri-ciri jaringan ini ialah kanal air yang mengikuti arah saluran utama. Di daerah yang topografinya datar, bentuk ini sangat pas dipakai pada daerah yang permukaannya datar.



Gambar 2. 6 Bentuk Jaringan Drainase Jaring-Jaring

2.7 Analisis Hidrologi

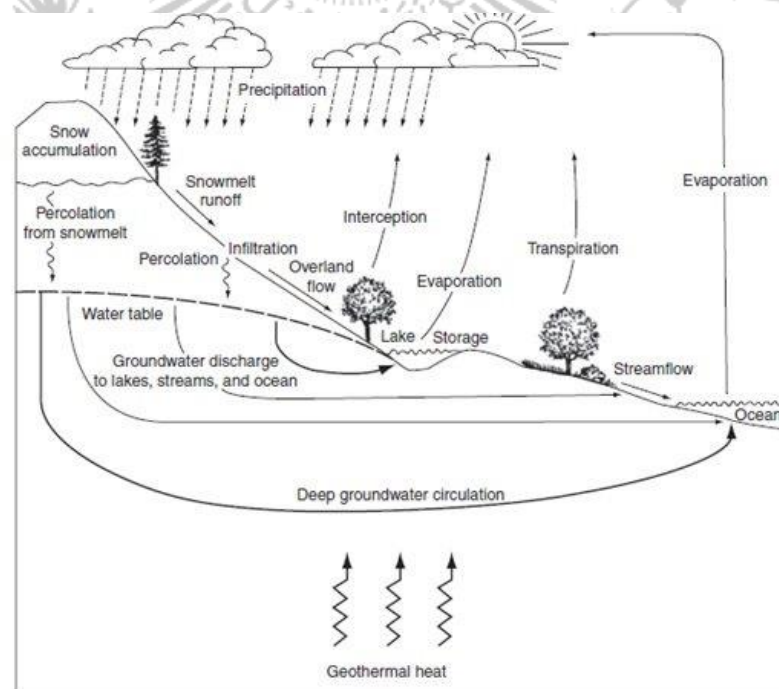
Hidrologi ialah ilmu yang mempelajari pergerakan air di alam. Ini termasuk bentuk air yang meliputi peralihannya antara cair, padat dan gas serta udara di atas dan di bawah tanah. (Soemarto, 1987)

Analisis hidrologi ialah faktor yang mempengaruhi pengukuran air dan penyimpanan. Hal ini penting untuk mengatasi aliran permukaan agar tidak terjadi genangan air.

2.7.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi diartikan sebagai siklus alami pergerakan air. Secara beruntun peredaran hidrologi diawali dengan pergerakan air dari udara dan berjatuan ke permukaan, kemudian air tersebut mengalir kembali ke laut dari atas atau bawah permukaan. Dalam peredaran hidrologi, ada empat tahapan penting untuk dipahami:

- 1) **Precipitation** ialah ketika uap air di udara turun ke daratan/lautan selepas terbentuk sebagai kabut, hujan, embun maupun salju.
- 2) **Evaporation** ialah perubahan wujud air menjadi udara.
- 3) **Infiltration** ialah reaksi masuknya air ke dalam tanah.
- 4) **Subsurface runoff** (limpasan air tanah), **surface run off** (limpasan permukaan)



Gambar 2. 7 Siklus Hidrologi

Saat menerapkan perencanaan saluran drainase dipakai tolak ukur yang sudah menjadi ketentuan yang terpampang pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (tahun)	Metode perhitungan debit banjir
<10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional
101-500	5-20	Rasional
>500	10-25	Hidrograf Banjir

2.7.2 Distribusi Frekuensi

Demi memperoleh distribusi frekuensi yang cocok pada data yang dimiliki bakal menghitung curah hujan dipakai analisis frekuensi. Syarat memilih distribusi frekuensi bisa diketahui pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Persyaratan Pemilihan Distribusi Frekuensi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$
Log Normal	$Cs = 3Cv + Cv^3$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
Gumbel	$Cs \leq 1,14$ $Ck \leq 5,4$
Log Person Tipe III	-

Besarnya koefisien skewness (Cs) didapat dengan formula:

$$Cs = \frac{n \times \sum (Xi - \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3} \dots\dots\dots (2-1)$$

Besarnya koefisien kurtosis (Ck) didapatkan menggunakan formula:

$$Ck = \frac{n \times \sum (Xi - \bar{X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S^4} \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana:

- n = Banyaknya data
- S = Simpangan
- $\bar{X}$ = Rerata data
- Xi = Nilai ke-i

2.7.3 Analisis Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan curah hujan tahunan yang mana akan ada kesempatan terjadi persamaan maupun terlampaui pada waktu tertentu di suatu wilayah.

Meneladani Sriharto, 1993 hujan rencana yakni jumlah curah hujan yang barangkali terjadi di suatu kawasan selama periode ulang, dan dipakai menjadi pondasi untuk memformulasikan perkiraan rencana suatu bangunan. Curah hujan di suatu wilayah bervariasi tergantung pada distribusi musiman di daerah tersebut. Pada musim hujan, intensitasnya bervariasi dari jam, hari, bahkan tahunan.

Meneladani Subrakah, 1980, guna mencari tahu besarnya kala ulang tertentu, misal 5thn, 10thn, 25thn, 50thn, 100thn, yang bergantung pada:

1. Dampak kerugian jika harta benda rusak akibat banjir dan apakah kerusakan tersebut sering terjadi atau jarang terjadi.
2. Usia ekonomis properti.
3. Biaya pengembangan.

Tabel 2. 3 Tabel Kriteria Desain (Sumber: (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012))

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	< 10	10 - 100	101 - 500	> 500
Kota Metropolitan	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 - 5 Th	2 - 5 Th	5 - 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 - 5 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 - 5 Th

a. Metode Normal

Distribusi ini sering dipakai pada analisa hidrologi, contohnya dalam analisa musim hujan, analisa statistik distribusi rata-rata curah hujan tahunan, dll. Disebut juga distribusi Gaussian atau kurva normal. (Soewarno, 1995)

Frekuensi curah hujan rencana bisa diformulasikan, dengan formula:

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S \dots\dots\dots (2-3)$$

Dengan:

X_T = Nilai CH rencana pada periode ulang T tahun

$\bar{X}$ = Rerata dari data hujan (X) (mm)

S = Standar deviasi dari nilai curah hujan (X) (mm)

K_T = Faktor frekuensi, berhubungan dengan nilai T (Lihat table 2.4)

Tabel 2. 4 Nilai Variable Reduksi Gauss

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

No	Periode Ulang	Peluang	K_T
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	2,00	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 Log Normal

Distribusi lognormal yakni hasil perubahan distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variabel X menjadi nilai logaritma variabel X. Metode Log Normal bisa diformulasikan dengan formula:

$$\log X_T = \overline{\log X} + K_T \times S \dots \dots \dots (2-4)$$

Dengan:

$\log X_T$ = Nilai logaritmik hujan rencana pada periode ulang T

$$\overline{\log X} = \text{Nilai rerata dari } \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i)}{n}} \dots \dots \dots (2-5)$$

$$S = \text{Nilai rata-raata populasi } S = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2-6)$$

K_T = Faktor frekuensi, berdasarkan dari nilai T (Lihat table 2.5)

Tabel 2. 5 Faktor Frekuensi KT buat distribusi Log Person III

Nilai K untuk distribusi Log-Person III

Koef, G	Interval kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)							
	1, 0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,922	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

c. Metode Gumbel

Distribusi yang diperkenalkan oleh Gumbel (1941) dan dikenal dengan distribusi Gumbel ini merupakan salah satu distribusi probabilitas dalam studi hidrologi dan meteorologi untuk memprediksi banjir, hujan lebat, kecepatan tinggi, dll.(Subramanya, 2008)

Metode Gumbel lazimnya dipakai pada analisa data maksimal. (Nurisandira et al., 2020)

$$X_T = X + S_d \times K \dots\dots\dots (2-7)$$

Dengan:

X_T : Nilai CH rencana pada kala ulang T

X : Nilai rerata hujan (x)

S_d : *Standart deviation* hujan (x)

K : Faktor frekuensi gumbel

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2-8)$$

$$Y_{Tr} : \text{Reduce variatee} = -\ln \left(-\ln \frac{Tr-1}{Tr} \right) \dots\dots\dots (2-9)$$

S_n : *Reduce standar deviition*

Y_n : *Reeduce mean*

Tabel 2. 6 Tabel Yn (*Reduce Mean*)

n	Yn	n	Yn	n	Yn	n	Yn
10	0,4952	31	0,5371	52	0,5493	73	0,5555
11	0,4996	32	0,5380	53	0,5497	74	0,5557
12	0,5035	33	0,5388	54	0,5501	75	0,5559
13	0,5070	34	0,5396	55	0,5504	76	0,5561
14	0,5100	35	0,5402	56	0,5508	77	0,5563
15	0,5128	36	0,5410	57	0,5511	78	0,5565
16	0,5157	37	0,5418	58	0,5515	79	0,5567
17	0,5181	38	0,5424	59	0,5518	80	0,5569
18	0,5202	39	0,5430	60	0,5521	81	0,5570
19	0,5220	40	0,5436	61	0,5524	82	0,5572
20	0,5236	41	0,5442	62	0,5527	83	0,5574
21	0,5252	42	0,5448	63	0,5530	84	0,5576
22	0,5268	43	0,5453	64	0,5533	85	0,5578
23	0,5283	44	0,5458	65	0,5535	86	0,5580
24	0,5296	45	0,5463	66	0,5538	87	0,5581
25	0,5309	46	0,5468	67	0,5540	88	0,5583
26	0,5320	47	0,5473	68	0,5543	89	0,5585
27	0,5332	48	0,5477	69	0,5545	90	0,5586
28	0,5343	49	0,5481	70	0,5548	91	0,5587
29	0,5353	50	0,5485	71	0,5550	92	0,5589
30	0,5362	51	0,5489	72	0,5552	93	0,5591

Tabel 2. 7 Tabel Sn (*Reduce Standard Deviation*)

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	31	1,1159	52	1,1638	73	1,1881
11	0,9676	32	1,1193	53	1,1658	74	1,1890
12	0,9833	33	1,1226	54	1,1667	75	1,1898
13	0,9971	34	1,1255	55	1,1681	76	1,1906
14	1,0095	35	1,1286	56	1,1960	77	1,1915
15	1,0206	36	1,1313	57	1,1708	78	1,1923
16	1,0316	37	1,1339	58	1,1721	79	1,1930
17	1,0411	38	1,1363	59	1,1734	80	1,1938
18	1,0493	39	1,1388	60	1,1747	81	1,1945
19	1,0565	40	1,1413	61	1,1759	82	1,1953
20	1,0628	41	1,1436	62	1,1770	83	1,1959
21	1,0696	42	1,1458	63	1,1782	84	1,1967
22	1,0754	43	1,1480	64	1,1793	85	1,1973
23	1,0811	44	1,1499	65	1,1803	86	1,1987
24	1,0864	45	1,1519	66	1,1814	87	1,1987
25	1,0915	46	1,1538	67	1,1824	88	1,1994
26	1,0861	47	1,1557	68	1,1834	89	1,2001
27	1,1004	48	1,1547	69	1,1844	90	1,2007
28	1,1047	49	1,1590	70	1,1854	91	1,2013
29	1,1086	50	1,1607	71	1,1864	92	1,2020
30	1,1124	51	1,1623	72	1,1873	93	1,2026

Tabel 2. 8 Nilai *Reduced Variate* (Y_{Tr})(Sumber: (Soewarno, 1995))

Tr (tahun)	Reduced Variate
2	0,36651
5	1,49994
10	2,25037
20	2,97020
50	3,90194
100	4,60015

d. Metode Log Person III

Distribusi log Person III sering diterapkan pada studi air, khususnya pada analisa data minimum (aliran minimum) dan maksimum (curah hujan) dengan nilai ekstrim. (Soewarno, 1995)

Analisis distribusi dengan Metode Log-Person III memiliki perosedur analisis sebagai berikut:(Purnama et al., 2016)

1) Ubahlah data ke bentuk logaritmik, $x = \log x$ (2-10)

2) Hitunglah nilai reratanya

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \dots\dots\dots (2-11)$$

3) Hitunglah harga simpangan baku

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log(x_i) - \overline{\log(x)})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2-12)$$

4) Hitung koefisien kemencengan

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(x_i) - \overline{\log(x)})^3}{(n-1)(n-2)(S)^2} \dots\dots\dots (2-13)$$

5) Hitunglah logaritmik hujan menggunakan periode ulang T memakai formula:

$$\log x_T = \overline{\log x} + K.s \dots\dots\dots (2-14)$$

K ialah variable standar (*standardized variable*) untuk X yang besar nilainya tergantung koefisien kemencengan G (lihat table 2.5)

2.7.4 Uji Kecocokan Distribusi

1. Uji Chi-Square

Menurut Soemarto (1987), uji ini digunakan untuk menguji beda vertikal yang ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2-15)$$

Dimana:

X^2 = Nilai dari Chi Square

E_j = Frekuensi teoritis pada kelas i

O_j = frekuensi pengamatan pada kelas i

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan rumus:

$$K = 1 + 3,322 \log n \dots \dots \dots (2-16)$$

$$V(DK) = k + 1 + m$$

Dimana:

K = Banyaknya kelas distribusi

n = Total data

$V(Dk)$ = Derajat kebebasan

M = Parameter, bernilai 2

Pengujian diterima bila $X^2 < X_{c^2}$

2. Uji Smirnov Kolmogorov

Menurut, Sri Harto (1993) dalam (Dr. Ir. Kustamar, 2019), Tes dilakukan dengan menjelaskan probabilitas setiap bagian data, yaitu selisih antara distribusi empiris dan distribusi teoritis disebut $\Delta_{\max}$. Dalam bentuk padanannya dapat ditulis:

$$\Delta_{\max} = P_e - P_t \dots \dots \dots (2-17)$$

Dimana:

$\Delta_{\max}$ = Beda nilai diantara peluang empiris dan peluang teoritis

Δ_{Cr} = *Critical Deviation*

P_e = *Empirical Opportunity* (Peluang empiris)

P_t = *Theoretical Opportunity* (Peluang teoritis)

Pengujian dapat diterima bila $\Delta_{\max} < \Delta_{Cr}$

2.7.5 Durasi Hujan

Durasi curah hujan yakni waktu hujan terjadi (menit, jam, hari) asal hasil perekaman curah hujan otomatis dari alat pengukur hujan.

2.7.6 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan yakni total hujan yang dinyatakan dalam kedalaman curah hujan atau curah hujan per menit. Curah hujan bervariasi tergantung pada durasi hujan dan frekuensinya. Intensitas curah hujan didapatkan dengan menganalisis data curah hujan baik secara kuantitatif atau kualitatif.

Menurut Dr. Mononobe, intensitas hujan (I) di dalam rumus rasional dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ mm/jam} \dots\dots\dots (2-18)$$

Dimana:

R_{24} = curah hujan maksimal harian (selama 24 jam) (mm)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

I = *rain intensity* (mm/jam)

2.7.7 Koefisien Pengaliran (C)

Menurut Arsyad, 2006, salah satu upaya pengendalian banjir adalah dengan banyaknya air yang mengalir di permukaan (water runoff), yang umumnya dinyatakan dengan C . Koefisien C diartikan sebagai perbandingan antara puncak curah hujan dengan curah hujan. (Savira & Suharsono, 2013) Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju penetrasi tanah, tutupan tanaman dan curah hujan. Faktor terpenting yang mempengaruhi C adalah laju infiltrasi tanah atau persentase tanah kedap air, kemiringan lereng, tanaman penutup tanah dan curah hujan.

Besarnya koefisien pengaliran dapat diambil sebagai berikut :		
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

Gambar 2. 8 Koefisien Pengaliran

2.7.8 Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air untuk berpindah dari jarak tertentu pada daerah aliran ke titik kendali tertentu di dasar saluran. (Cahyono et al., 2022)

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi 2 periode yakni:

1. *Inlet Time* (t_0) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase
2. *Conduit Time* (t_d) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran hingga tampungan yang ditentukan di bagian hilir.

Dari nilai tersebut diperoleh nilai waktu konsentrasi yang merupakan hasil gabungan kedua nilai tersebut, sehingga diperoleh rumus waktu konsentrasi:

$$t_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots (2-19)$$

2.7.9 Debit Banjir Rancangan

Rumus rasional ialah formula yang paling sederhana untuk menghitung debit banjir rancangan dengan formula sebagai berikut:

$$Q = C \times I \times A \dots\dots\dots (2-20)$$

Dengan:

- Q = Debit banjir rancangan (m³/detik)
C = Koef. Pengaliran
A = Luas daerah pengaliran (hektar)

2.8 Proyeksi Jumlah Penduduk

Harus diingat bahwa air limbah dari populasi sebagai jumlah penduduk diperlukan untuk tahun perencanaan berikutnya. Ada berbagai cara untuk memperkirakan populasi. Peramalan penduduk adalah perkiraan jumlah penduduk di masa depan. Perkiraan yang baik adalah perkiraan yang menciptakan kesenjangan terkecil antara hasil prediksi dan kenyataan.

Pada studi ini diterapkan metode aritmatika, geometri dan eksponensial. Pendugaan penduduk dengan menggunakan pola geometris mengandaikan banyak populasi akan meningkat secara geometris dengan menggunakan patokan kepadatan penduduk. Laju pertumbuhan penduduk (*growth rate*) diasumsikan sama setiap tahunnya.

Rumus yang dipakai oleh cara geometri adalah:

$$P_n = P_0 + (1 + r)^n \dots\dots\dots (2-21)$$

Dengan:

- P_n = Total populasi n tahun
- P_0 = Banyak populasi awal tahun dasar
- r = Rata-rata pertambahan penduduk
- n = Tempo proyeksi

Proyeksi penduduk dengan cara aritmatika mengandaikan banyak penduduk di masa depan akan meningkat dengan kuantitas yang sama tiap tahun. Hasil proyeksi akan berbentuk suatu garis lurus. Formula yang dipakai ialah:

$$P_n = P_0 + (1 + r.n) \dots\dots\dots (2-22)$$

Dengan:

- P_n = Total populasi n tahun
- P_0 = Banyak populasi awal tahun dasar
- r = Rata-rata pertambahan penduduk
- n = Tempo proyeksi

Cara eksponen mengilustrasikan peningkatan populasi yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, lain halnya dengan metode geometri yang mengandaikan bila peningkatan populasi hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu. Rumus yang dipakai yakni:

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \dots\dots\dots (2-23)$$

Dengan:

- P_n = Total populasi n tahun
- P_0 = Banyak populasi awal tahun dasar
- r = Rata-rata pertambahan penduduk
- n = Tempo proyeksi

2.9 Analisis Hidrolika

Pada suatu kanal terbuka memiliki permukaan air yang bebas, permukaan yang bebas tersebut dapat diakibatkan oleh tekanan udara luar secara langsung. Sifat aliran pada kanal terbuka dipengaruhi oleh viskositas dan gravitasi.

2.9.1 Debit Saluran

Debit aliran menggunakan rumus Maning

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2-24)$$

2.9.2 Penampang Saluran Drainase

Mengenai rumus Maning maupun Chezi nampak jika untuk slope dan kekasaran konstan, kecepatan maksimum diraih bila radius hidraulik(R) maksimal. Kemudian untuk penampang tetap, radius hidraulik maksimal keliling basah(P) minimal. Kualifikasi itu dapat memberi pilihan untuk menentukan dimensi penampang melintang saluran yang ekonomis untuk berbagai macam bentuk seperti tampang persegi dan tampang trapezium.

a. Persegi

- $A = Bh$
- $P = B \times 2h$
- $B = 2(h) \quad \text{atau} \quad h = \frac{B}{2}$

- Radius/Jari-jari hidraulik (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{Bh}{B + 2h}$$

b. Trapezium

- $A = (B + mh).h$
- $P = B + 2h\sqrt{m^2 + 1}$
- $B = P - 2h\sqrt{m^2 + 1}$

Penampang trapezium paling irit ialah bila kemiringan dindingnya $m = 1\sqrt{3}$ maupun $\theta = 60^\circ$. Dan diformulasikan seperti:

- $B = h\sqrt{3}\left(\frac{2}{3}\right)$
- $A = \sqrt{3}h^2$
- Kemiringan dinding saluran (m) berdasar parameter:
- $A = (b + mh).h$ (m²)
- $P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1}$ (m)
- $R = \frac{A}{P}$ (m)
- $V = \frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}$ (m³/det)

2.9.3 Dimensi Saluran Drainase

Rekaan dimensi pada penampang dilandaskan pada debit saluran Q_s (m³/dt) harus lebih besar atau sama dengan debit rencana yang disebabkan oleh hujan rencana Q_T (m³/dt). Kualifikasi tersebut bisa diformulasikan dengan persamaan:

$$Q_s \geq Q_T$$

Debit yang dapat diterima oleh saluran Q_s

$$Q_s = A_s.V$$

Keterangan:

A_s = Area (m)

V = Velocity (m/det)

Kecepatan rerata pada saluran bisa diformulasikan memakai formulasi Maning, yakni:

$$V = \frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}$$

$$- R = \frac{A}{P}$$

Dengan:

V = *Velocity* (m/dt)

N = *Manning Roughness Coefficient*

R = *Radius* (m)

S = *Slope*

A = *Area* (m²)

P = *Wet Circumference* (m)

