

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Drainase

Drainase adalah suatu ilmu tentang pengeringan tanah (*Haryono, 1999*). Drainase berasal dari kata *drainage*, yang secara harfiah pengertian drainase adalah mengeringkan atau mengalirkan. Manusia sudah mulai memikirkan tentang sistem pembuangan limpasan air hujan sejak jaman Romawi kuno. Bangunan drainase perkotaan pertama kali dibuat di Romawi berupa saluran bawah tanah yang cukup besar, yang digunakan untuk menampung dan membuang limpasan air hujan. Pada awalnya, sistem drainase dibangun hanya untuk menerima limpasan air hujan dan membuangnya ke badan air terdekat. Desain dan pembangunannya belum dilakukan dengan baik. Saluran bawah tanah yang terbuat dari batu dan bata mengalami rembesan yang cukup besar, sehingga kapasitasnya jauh berkurang. Pada beberapa kasus, saluran tidak mempunyai kemiringan yang cukup, sehingga air tidak lancar (*stagnant*) dan terjadi genangan dalam saluran setelah terjadi hujan. Dalam perkembangannya drainase adalah suatu sistem dimana sistem itu dibuat dalam rangka untuk menangani persoalan kelebihan air baik yang berada di permukaan tanah maupun yang berada di bawah permukaan tanah.

Desain drainase perkotaan mempunyai kaitan langsung dengan tata guna lahan, tata ruang kota, master plan dan kondisi sosial budaya masyarakat. Pengertian drainase perkotaan bukan hanya terbatas pada teknik penanganan kelebihan air, tetapi lebih luas lagi karena menyangkut berbagai aspek kehidupan di kawasan perkotaan.

Sistem drainase perkotaan harus didesain sedemikian rupa agar sejalan dengan perkembangan masyarakat. Desain ini harus mempertimbangkan peningkatan jumlah penduduk dimasa yang akan datang, pertumbuhan industri, semakin bertambahnya kawasan-kawasan permukiman dan level curah hujan yang

terjadi. Sehingga dalam beberapa tahun ke depan dengan perhitungan yang mempertimbangkan berbagai hal maka sistem drainase yang ada akan bisa mengatasi kelebihan air yang ada

Drainase sudah menjadi salah satu infrastruktur perkotaan (*urban infrastructure*) yang sangat penting. Menurut Suripin (2004), kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada. Sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air. Genangan air menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan jorok, sarang nyamuk, dan tempat sumber penyakit lainnya, yang pada gilirannya dapat menurunkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Menurut Suripin (2004) akar permasalahan banjir di perkotaan berawal dari penambahan penduduk yang sangat cepat, di atas rata-rata pertumbuhan dari penambahan penduduk yang sangat cepat, di atas rata-rata pertumbuhan nasional, akibat urbanisasi, baik migrasi musiman maupun permanen. Pertumbuhan yang tidak diimbangi dengan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan yang memadai mengakibatkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi acak-acak (*semrawut*).

Selain permasalahan di atas, salah satu permasalahan yang selalu timbul setiap tahun pada musim hujan adalah banjir dan genangan air. Banjir dengenangan air disebabkan oleh fungsi drainase yang belum tertangani secara menyeluruh, kurangnya kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam memelihara saluran drainase yang ada di sekitarnya menyebabkan penyumbatan saluran drainase oleh sampah industri maupun sampah rumah tangga.

2.2. Jenis - Jenis Drainase

2.2.1. Jenis drainase ditinjau dari cara terbentuknya

1. Drainase buatan, adalah suatu sistem drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu serta merupakan hasil rekayasa yang berdasarkan hitungan- hitungan tertentu pula. Sistem drainase ini ada karena merupakan

salah satu rekayasa dalam penyempurnaan atau mengisi kekurangan sistem drainase alamiah yang telah ada

2. Drainase alamiah, yaitu saluran drainase yang terbentuk sebagai akibat adanya gerusan air yang mengikuti pola kontur tanah. Drainase ini biasanya terbentuk pada daerah yang cukup kemiringannya. Sehingga secara alamiah air akan mengalir dengan sendirinya dan masuk ke sungai-sungai yang ada dibawahnya. Pada kondisi tanah tertentu sebagian air akan meresap kedalam tanah (*infiltrasi*) dan dalam proses selanjutnya air akan mengalir sehingga menjadi aliran antara (*sub surface flow*) menuju ke sungai. Atau bisa juga air tersebut akan masuk terus ke dalam tanah (*perkolasi*) hingga bercampur dengan air tanah dan mengalir sebagai aliran air tanah (*ground water flow*) menuju ke sungai-sungai.

2.2.2. Jenis drainase berdasarkan sistem pengalirannya

1. Drainase dengan sistem jaringan, adalah suatu sistem pengeringan atau pengaliran air pada suatu kawasan tertentu yang dilakukan dengan jalan mengalirkan air melalui suatu sistem tata saluran dengan berbagai bangunan- bangunan pelengkapanya.
2. Drainase dengan sistem resapan, adalah suatu sistem pengeringan atau pengaliran air yang dilakukan dengan cara meresapkan air ke dalam tanah. Cara peresapan ini dapat dilakukan secara langsung terhadap genangan air di permukaan tanah ke dalam tanah atau melalui sumur resapan/saluran resapan. Sistem ini biasanya dipergunakan dalam usaha konservasi air.

2.2.3. Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari tujuan pembuatan drainase.

1. Drainase perkotaan yang dimaksud dengan drainase perkotaan adalah jaringan pembuangan air yang berfungsi mengeringkan bagian-bagian wilayah administrasi kota dan daerah urban dari genangan air, baik dari hujan lokal maupun luapan sungai yang melintas di dalam kota. Sedangkan pengertian lain dari drainase perkotaan adalah suatu sistem pengeringan atau pengaliran dari wilayah perkotaan ke sungai yang ada atau melintasi wilayah perkotaan sehingga wilayah perkotaan itu sendiri tidak tergenangi

air. (Surat Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 239 Tahun 1987).

2. Drainase daerah pertanian
3. Drainase lapangan terbang
4. Drainase jalan raya
5. Drainase jalan kereta api
6. Drainase pada tanggul dan dam
7. Drainase lapangan olah raga
8. Drainase untuk keindahan kota
9. Drainase untuk kesehatan lingkungan,

2.2.4. Jenis drainase berdasarkan tata letaknya.

1. Drainase permukaan tanah, yaitu sistem drainase yang salurannya berada di atas permukaan tanah dimana pengaliran terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran (*slope*).
2. Drainase bawah permukaan, yaitu sistem drainase yang dialirkan di bawah tanah (ditanam) biasanya disebabkan karena faktor artistik atau faktor kondisi lingkungan dimana dalam areal drainase tersebut tidak memungkinkan untuk mengalirkan air diatas permukaan tanah seperti pada lapangan olah raga, lapangan terbang, taman kota dan lain sebagainya.

2.2.5. Jenis drainase berdasarkan fungsinya.

1. Drainase single purpose, adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan misalnya air hujan atau limbah.
2. Drainase multi purpose, adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan lebih dari satu air buangan baik secara bercampur maupun bergantian. Misalnya campuran air hujan dan air limbah.

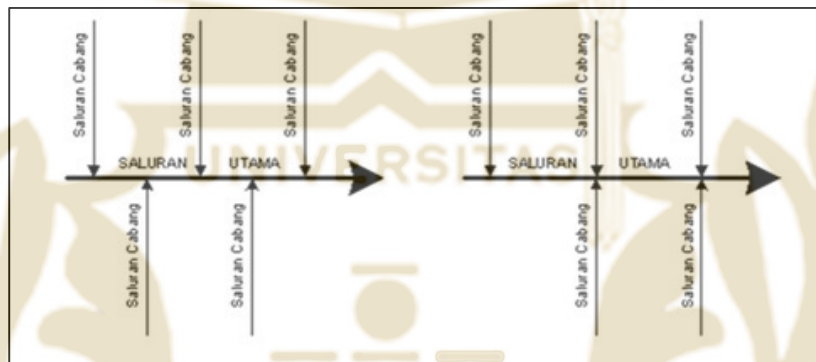
2.2.6. Jenis drainase berdasarkan konstruksinya.

1. Drainase terbuka, adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar.
2. Drainase tertutup, adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak

terpengaruh dengan udara luar. Saluran ini biasanya digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan.

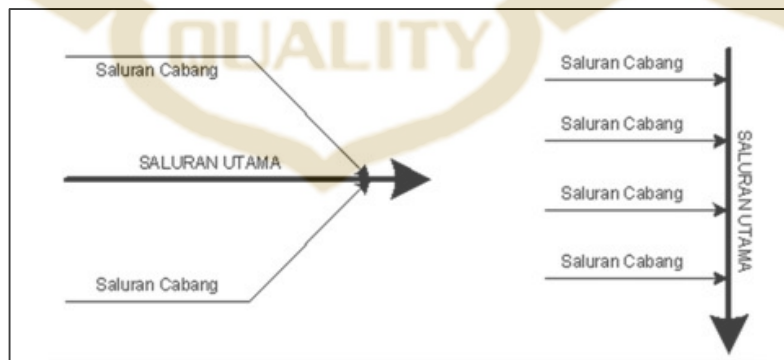
2.3. Jenis Drainase Berdasarkan Pola

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



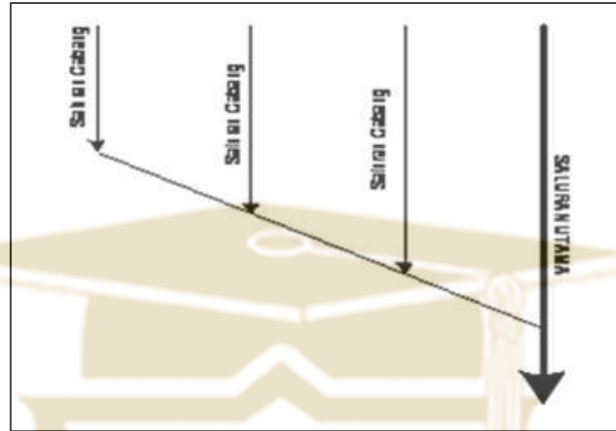
Gambar 2. 1. Pola Jaringan Drainase Siku

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



Gambar 2. 2. Pola Jaringan Drainase Paralel

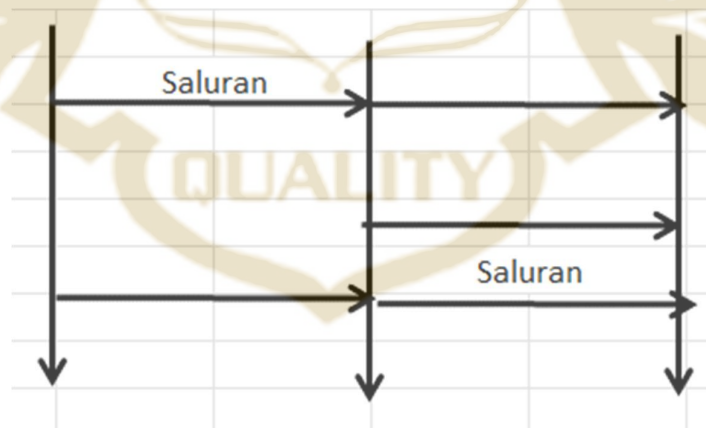
- c. Grid Iron Untuk daerah dimana sungainya terleteak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpu.



Gambar 2. 3. Pola Jaringan Drainase Radial

- d. Pola jaring-jaring

Pola jaring-jaring adalah pola drainase yang mempunyai saluran-saluran pembuang mengikuti arah jalan raya. Pola ini sangat cocok untuk daerah yang topografinya datar.



Gambar 2. 4. Pola Jaringan Drainase Jaring-Jaring

2.4. Dainase Perkotaan

Perkembangan perkotaan memerlukan perbaikan dan penambahan

fasilitas sistem pembuangan air hujan. Dimana sistem pembuangan air hujan bertujuan untuk:

- a. Arus air hujan yang sudah berbahaya atau mengganggu lingkungan secepat mungkin dibuang pada badan air penerima, tanpa erosi dan penyebaran polusi atau endapan.
- b. Tidak terjadi genangan, banjir dan becek-becek.

Masalah di atas sudah merupakan permasalahan yang harus di tangani secara sungguh-sungguh, terutama bagi daerah-daerah yang selalu mengalami setiap musim hujan. Air hujan yang di atur di angkasa di kendalikan dan di atur guna memenuhi berbagai kegunaan untuk penyehatan (Hendrasarie, 2005).

Pengendalian banjir, drainase, pembuangan air limbah merupakan penerapan teknik pengendalian air, sehingga tidak menimbulkan kerusakan yang melebihi batas-batas kelayakan terhadap harga benda, gangguan terhadap lingkungan pemukiman serta masyarakat dan sarana aktivitasnya bahkan terhadap nyawanya. Penyediaan air, irigasi, pembangkit listrik tenaga air, alur-alur transportasi air dan badan-badan air sebagai tempat rekreasi adalah merupakan pemanfaatan sumber daya air, sehingga perlu dilestarikan eksistensinya, dipelihara kualitas keindahannya serta pemanfaatannya. Drainase dengan sistem konservasi lahan dan air merupakan langkah awal dari usaha pelestarian eksistensinya sumber daya air tawar di bumi ini.

Untuk drainase perkotaan dan jalan raya umumnya dipakai saluran dengan lapisan. Selain alasan seperti dikemukakan di atas, estetika dan kestabilan terhadap gangguan dari luar seperti lalu lintas merupakan alasan lain yang menuntut saluran drainase perkotaan dan jalan raya dibuat dari saluran dengan lapisan. Saluran ini dapat berupa saluran terbuka atau saluran yang diberi tutup dengan lubang-lubang kontrol di tempat-tempat tertentu. Saluran yang diberi tutup ini bertujuan supaya saluran memberikan pandangan yang lebih baik atau ruang gerak bagi kepentingan lain di atasnya (Wesli, 2008).

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 - 10	Rasional
> 500	10 - 25	Hidrograf Satuan

Sumber : Suripin 2004

2.5. Banjir

Banjir adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah dataran banjir sekitarnya 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.

2.5.1. Jenis-jenis Banjir

Banjir dibedakan atas peristiwanya:

- 1 Peristiwa banjir atau genangan yang terjadi pada daerah yang biasanya terjadi banjir.
- 2 Peristiwa banjir terjadi karena limpasan air dari sungai, karena debit air tidak mampu dialirkan oleh aliran sungai atau debit air lebih besar dari kapasitas pengaliran sungai yang ada.

Peristiwa banjir sendiri tidak terjadi permasalahan, apabila tidak mengganggu terhadap aktivitas dan kepentingan manusia dan permasalahan itu timbul setelah manusia melakukan kegiatan pada daerah dataran banjir, untuk mengurangi kerugian akibat banjir

2.5.2. Banjir Rencana

Menurut Rachmawati (2010) Debit banjir rencana adalah debit yang dipakai sebagai dasar untuk perhitungan bangunan air yang akan direncanakan dan merupakan debit terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Perhitungan debit banjir rencana untuk saluran drainase terdiri dari debit air kotor dan debit air hujan .

Banjir rencana tidak boleh kita tetapkan terlalu kecil agar jagan terlalu sering terjadi ancaman pengrusakan bangunan atau daerah disekitarnya. Tetapi juga tidak boleh terlalu besar sehingga ukuran bangunan tidak ekonomis. Jatuhnya hujan terjadi menurut suatu pola dan suatu siklus tertentu. Hanya kadang-kadang terjadi penyimpangan-penyimpangan pada pola itu tetapi biasanya kembali pada pola yang teratur, perlu diadakan pertimbangan-pertimbangan hidro ekonomis.

2.6. Analisa Hidrologi

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

Pada perencanaan saluran drainase terdapat masalah yaitu berapakah besar debit air yang harus disalurkan melalui saluran tersebut. Karena debit air ini tergantung kepada curah hujan tidak tetap (berubah-ubah) maka debit air yang akan ditampung saluran juga pasti akan berubah-ubah. Dalam hal perencanaan saluran drainase kita harus menetapkan suatu besarnya debit rencana (debit banjir

rencana) jika memilih atau membuat debit rencana tidak bisa kecil, maka nantinya dapat berakibat air didalam saluran akan meluap dan sebaliknya juga tidak boleh mengambilnya terlalu besar karena dapat juga berakibat saluran yang kita rencanakan tidak ekonomis. Kita harus dapat memperhitungkan besarnya debit didalam saluran drainase agar dapat memilih suatu debit rencana. Didalam memilih debit rencana maka diambil debit banjir maximum pada daerah perencanaan

2.6.1. Siklus Hidrologi

Siklus air atau bisa juga disebut dengan siklus hidrologi adalah suatu siklus yang terjadi di lingkungan perairan. Siklus ini akan terus berjalan dan tidak akan berhenti. Proses air dari atmosfer yang turun ke bumi dalam bentuk hujan atau salju, kemudian akan kembali lagi ke atmosfer secara berulang terus menerus. Secara sederhana, proses siklus air akan melalui tahap pertama yaitu air mengalami penguapan ke atmosfer. Kemudian, air dalam bentuk gas tersebut akan membentuk awan. Setelah itu, air dalam bentuk awan akan kembali turun ke bumi, dimana kita mengenalnya sebagai hujan, baik berbentuk hujan air, hujan salju atau hujan es. Setelah air kembali ke bumi, maka air akan masuk atau meresap ke dalam tanah dengan arah vertikal maupun horisontal. Dilanjutkan dengan kembali munculnya air ke permukaan, seperti sungai atau danau.



Gambar 2. 5: Siklus Hidrologi

2.6.2. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Untuk menganalisis intensitas curah hujan dalam waktu t jam dengan berbagai periode ulang dibutuhkan harga curah hujan maksimum harian dengan berbagai periode ulang, untuk dapat memperoleh besar curah hujan maksimum untuk berbagai harga periode ulang tersebut haruslah dilaksanakan dengan analisa frekuensi. Dalam hal ini harga curah hujan yang dipakai dalam analisa frekuensi tersebut adalah curah hujan maksimum harian tahunan.

Dalam analisa frekuensi, penentuan jenis distribusi dari data historis curah hujan tersebut merupakan suatu hal yang sangat penting diperhatikan. Untuk mengetahui jenis distribusi yang paling, maka data tersebut diplot pada kertas probabilitas dari berbagai tipe distribusi yang digunakan atau dengan menghitung harga *standard error* dari harga yang diprediksi dengan berbagai tipe distribusi. Jenis distribusi yang paling sesuai adalah distribusi yang memberikan harga *standard error* yang paling kecil atau disebut juga distribusi yang paling fit/pas kepada data historis.

Ada beberapa jenis distribusi yang biasa dipakai dalam analisis data hidrologi diantaranya yaitu Metode Distribusi Normal, Metode Distribusi Log Normal, Metode Distribusi Log Pearson type II, Metode Distribusi Log Pearson type III, Metode Distribusi Type I External (*Distribusi Gumbel*), Metode Iwai Kadoya, dan Metode Haspers.

1. Metode Distribusi Log Pearson Type III

Parameter statistik yang digunakan dalam Distribusi Log Pearson Type III adalah :

- Rata – rata logaritma
- Standar deviasi logaritma
- Koefisien asimetri.

Dalam pemakaian distribusi Log Pearson Type III kita harus mengkonversikan setiap rangkaian data menjadi bentuk logaritma : $y \log x$

$$\text{Rata - rata logaritma : } \overline{\log x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log x \quad (2.1)$$

$$\text{Standar deviasi logaritma : } S_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \overline{\log x})^2}{N-1}} \quad (2.2)$$

$$\text{Kofisien asimetri logaritma : } C_s = \frac{N \sum (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(N-1)(N-2)(S_{\log x})^3} \quad (2.3)$$

Persamaan Peramalan menurut distribusi Log Pearson Type III

$$\log X_T = \overline{\log x} + k \cdot S_{\log x} \quad (2.4)$$

atau

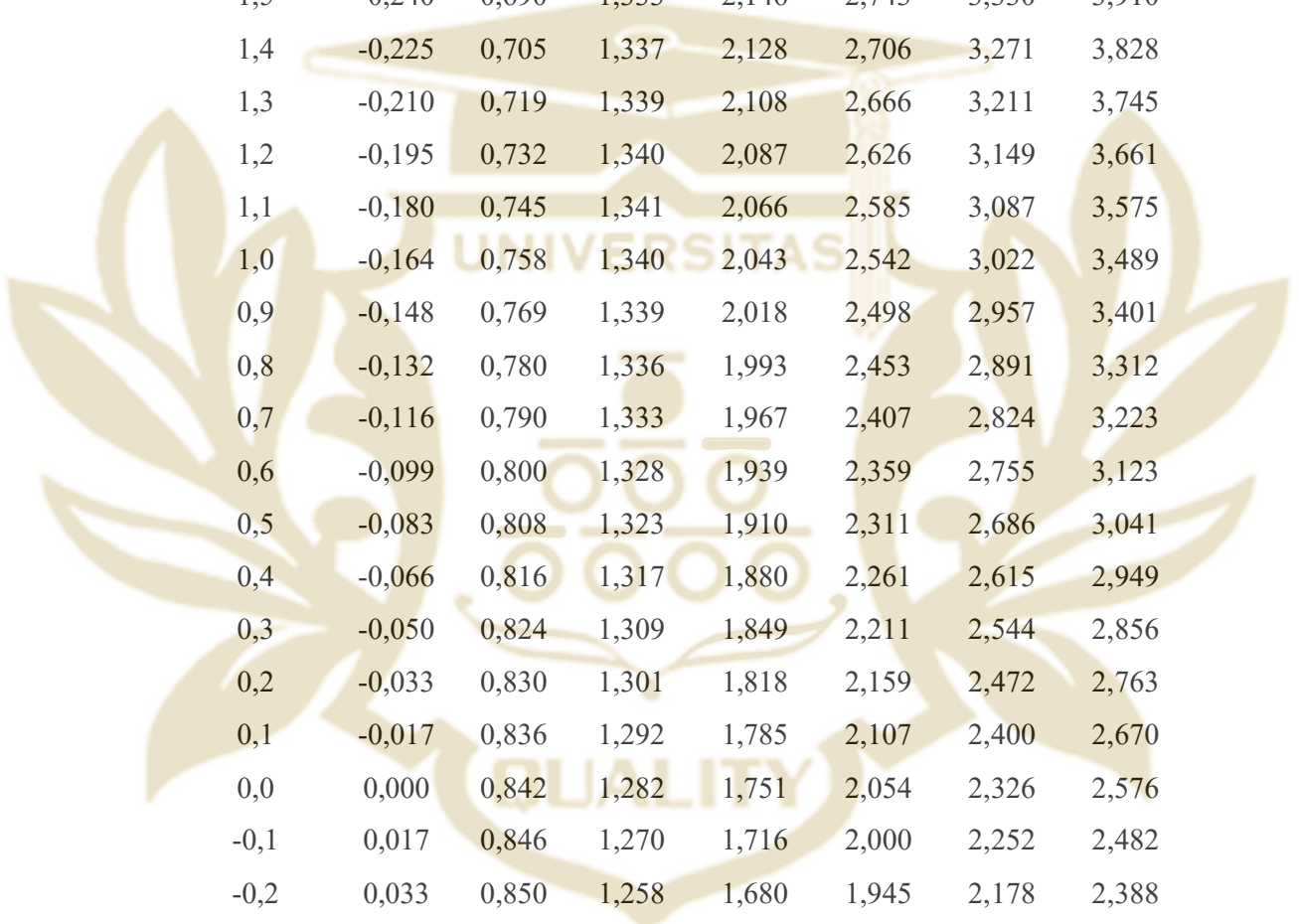
$$Y_T = \bar{Y} + k_T S_y \quad (2.5)$$

Distribusi Log Pearson Type III cocok dipergunakan untuk meramalkan debit banjir, hujan lebat maupun elevasi muka air banjir untuk periode ulang T.

Nilai K_T (Faktor kurva asimetri) dapat dilihat pada Tabel (*Nilai K_T untuk Distribusi Pearson Type III*).

Tabel 2. 2. Nilai K_T untuk Distribusi Log Pearson Type III

Skew coefficient C_s or C_w	Return Period in Years						
	2	5	10	25	50	100	200
	Exceedence Probability						
	0,50	0,20	0,10	0,04	0,02	0,01	0,005
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,9	-0,390	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013	4,909
2,8	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783
2,6	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584
2,3	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444
2,1	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372



2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,9	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,7	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,5	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,123
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837

-0,9	0,180	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,1	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,3	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,5	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,7	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-1,9	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
-2,1	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946	0,949
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907
-2,3	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869
-2,4	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832	0,833
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800
-2,6	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769	0,769
-2,7	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741
-2,8	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714
-2,9	0,390	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690
-3,0	0,396	0,636	0,666	0,666	0,666	0,667	0,667

2. Metode Distribusi Type I Extermal (Distibusi Gumbel)

Gumbel adalah orang pertama yang mengetahui bahwa data banjir puncak tahunan (atau hujan lebat maksimum dan data – data serupa lainnya) tidak lain adalah harga – harga ekstrim dari berbagai tahun pengamatan, dan oleh karena itu harus mengikuti dalil distribusi harga ekstrim. Bentuk distribusi Gumbel ini

dianggap paling cocok untuk analisa frekuensi. Di bawah ini diberikan prosedur sederhana secara umum yang menggunakan persamaan frekuensi :

- (i) Buatlah daftar banjir tahunan (atau musiman)
- (ii) Hitung \bar{x} dan S_x dengan persamaan berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} ; \quad \overline{x^2} = \frac{\sum x^2}{N} \quad \text{dan} \quad (2.6)$$

$$S_x = \sqrt{(x - \bar{x})^2(N-1)} = \sqrt{\frac{N}{N-1}(\overline{x^2} - \bar{x}^2)} \quad (2.7)$$

- (iii) Dari tabel (faktor K) lihat faktor – faktor K untuk metode Gumbel, seleksi periode ulang yang dipilih dalam kolom T pada formulir perhitungan. Kolom – kolom yang dimaksud dapat dijumpai pada tabel (*faktor frekuensi K untuk Metode Gumbel*).
- (iv) Masukkan harga – harga hasil perhitungan untuk \bar{x} dan S_x ke dalam formulir perhitungan pada kolom yang tersedia. Harga – harga yang sama berlaku untuk semua harga – harga T.
- (v) Untuk masing – masing harga T yang dipilih, ambillah faktor K dari Tabel (*faktor frekuensi K untuk Metode Gumbel*) dan masukkan ke dalam formulir perhitungan. Perlu dicatat bahwa harga N yakni jumlah banjir yang dicatat digunakan dalam mengambil faktor K dan mungkin diperlukan interpolasi.
- (vi) Hitunglah harga – harga untuk $K.S_x$ dan x untuk setiap harga T dan masukkan harga – harga ini ke dalam formulir perhitungan. Harga – harga x adalah besar banjir untuk periode ulang T. Harga – harga itu dipakai untuk membuat kurva frekuensi.
- (vii) Dengan kertas logaritmis harga ekstrim, plotlah harga – harga x dari formulir perhitungan dan tarik garis lurus untuk memperoleh kurva frekuensi.

Tabel 2. 3: Faktor K

Y_n	Y_t	S_n	Faktor K
0,495	0,367	0,950	$\frac{Y_t - Y_n}{S_n}$
0,495	1,500	0,950	$\frac{1,5 - 0,495}{0,950}$
0,495	2,250	0,950	1,0578
0,495	3,199	0,950	$\frac{3,199 - 0,495}{0,950}$
0,495	3,902	0,950	2,846

Tabel 2. 4: Frekuensi K untuk Metode Gumbel

Ukuran Sampel N	PERIODE ULANG (TAHUN)					
	5	10	20	25	50	100
10	1.058	1.848	2.606	2.847	3.587	4.3227
15	0.967	1.703	2.410	2.632	3.321	4.005
20	0.919	1.625	2.302	2.517	3.179	3.836
25	0.888	1.575	2.235	2.444	3.088	3.815
30	0.866	1.541	2.188	2.393	3.026	3.653
35	0.851	1.516	2.152	2.354	2.979	3.598
40	0.838	1.495	2.126	2.326	2.943	3.554
45	0.829	1.478	2.104	2.303	2.913	3.520
50	0.820	1.466	2.086	2.283	2.889	3.491
55	0.813	1.455	2.071	2.267	2.869	3.467
60	0.807	1.466	2.059	2.253	2.852	3.446
65	0.801	1.437	2.048	2.241	2.837	3.429
70	0.797	1.430	2.038	2.230	2.824	3.413
75	0.792	1.423	2.209	2.220	2.812	3.400

80	0.788	1.417	2.020	2.212	2.802	3.387
85	0.785	1.413	2.013	2.205	2.793	3.376
90	0.782	1.409	2.007	2.198	2.785	3.367
95	0.780	1.405	2.002	2.193	2.777	3.357
100	0.779	1.401	1.998	2.187	2.770	3.349

2.6.3. Daerah Tangkapan Hujan (Cathment 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 dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama.

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

2.6.4. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Koefisien limpasan/pengaliran (*run off coefficient*) adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*surface run-off*) dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer (hujan total yang terjadi). Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari.

Koefisien pengaliran mempunyai nilai antara, dan sebaiknya nilai pengaliran untuk analisis dipergunakan nilai terbesar atau nilai maksimum. Koefisien limpasan ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar derajat limpasan air yang terjadi akibat tata guna lahan pada daerah pengamatan. Untuk

lebih jelasnya tentang nilai koefisien limpasan dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan perhitungan menggunakan persamaan dibawah ini

Tabel 2. 5: Koefisien Limpasan dari beberapa Karakteristik

Karakter Permukaan	Koefisien Aliran (C)
Bussines	
- Perkotaan	0,70 - 0,95
- Pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	
- Rumah Tunggal	0,30 - 0,50
- Multi unit, terpisah	0,40 - 0,60
- Multi unit, tergabung	0,60 - 0,75
- Perkampungan	0,25 - 0,40
- Apartemen	0,50 - 0,70
Industri	
Ringan	0,50 - 0,80
Berat	0,60 - 0,90
Perkerasan	
Aspal dan Beton	0,70 - 0,95
Batu Bata dan Paving	0,50 - 0,70

Sumber : Suripin, 2011:81

2.6.5. Analisa Uji Kecocokan Distribusi

Sebelum dilakukan analisa frekuensi dan pemilihan distribusi yang sesuai terhadap data hujan, agar memperoleh hasil analisis yang baik maka data yang ada perlu penyaringan/ pemeriksaan secara statistik, yaitu :

1. Uji Outlier
2. Uji Konsistensi

Data curah hujan yang akan diuji adalah CH Harian Max Tahunan berdasarkan curah hujan polygon Thiessen untuk perhitungan debit banjir dan CH 3 Harian Max Tahunan berdasarkan Stasiun Gunung Tua untuk perhitungan Modulus Drainase.

1. Uji Outlier

Outlier adalah data dengan nilai jauh berada di antara data-data yang lain, keberadaan outlier bisanya mengganggu pemilihan jenis distribusi untuk suatu

sampel data. Persamaan frekuensi untuk mendeteksi adanya outlier atas dan bawah adalah sebagai berikut :

$$X_H = \text{anti log}(\bar{X} + Kn.S) \quad \text{dan} \quad X_L = \text{anti log}(\bar{X} - Kn.S) \quad (2.8)$$

Dengan dua batas ambang bawah (X_L) dan atas (X_H), \bar{X} dan S adalah masing-masing nilai rata-rata dan simpangan baku dari logaritma sampel data, harga Kn dapat dilihat melalui tabel dimana n adalah jumlah sampel. Data yang nilainya diluar X_H dan X_L diklasifikasikan sebagai outlier. Tabel harga Kn untuk pemeriksaan outlier adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 6. Harga Kn untuk pemeriksaan outlier

Sample size n	Kn	Sample size n	Kn	Sample size n	Kn	Sample size n	Kn
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,486	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,682	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,700	80	2,940
15	2,247	29	2,549	43	2,710	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,727	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,628	49	2,760	130	3,104
22	2,429	36	2,390	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,650	55	2,804		

Sumber : U.S. Water Resources Council,1981

Outlier atas untuk analisis PMP tidak dibuang melainkan diperiksa/disaring kembali, untuk curah hujan dengan besaran 400 mm atau lebih diperiksa secara manual dengan kriteria:

- Besaran hujan di pos yang diperiksa tidak jauh berbeda dengan besaran hujan di pos terdekat data bisa diterima.
- Besaran hujan di pos yang diperiksa di dalam seri data bukan yang

terbesar atau terkecil data bisa diterima.

Untuk data curah hujan yang berada di luar outlier atas dan bawah, maka data tidak dipakai karena dapat mengganggu penentuan distribusi hujan.

Menurut Water Resources Council (1981), jika :

- a. Koefisien Skew $> + 0,4$, maka perlu dilakukan pemeriksaan outlier atas
- b. Koefisien Skew $< - 0,4$, maka perlu dilakukan pemeriksaan outlier bawah
- c. $- 0,4 < \text{Koefisien Skew} < + 0,4$, maka perlu dilakukan pemeriksaan outlier atas dan outlier bawah

2. Uji Chi-Square

Pengujian ini bertujuan untuk menguji kesesuaian nilai hujan yang peroleh dari stasiun hujan dengan nilai hujan yang diperoleh dari estimasi frekuensi yang digunakan pada peluang tertentu. Uji Chi-square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistic sampel data yang dianalisa (Soewarno, 1995). Disebut Chi-Square karena pengambilan keputusan uji ini dilakukan dengan menggunakan parameter X^2 .

Uji Chi Kuadrat menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara matematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teoritisnya.

Langkah perhitungan :

- a. Data dibagi menjadi 5 sub bagian dengan interval peluang $P = 0,20$.
- b. Hitung jumlah data tiap sub bagian baik secara empiris maupun observasi.
- c. Hitung nilai Chi Kuadrat untuk masing-masing sub bagian dengan rumus :

$$\chi^2_h = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.9)$$

dimana :

- χ^2_h = Nilai Chi kuadrat hasil perhitungan
 O_i = Data Observasi (pengamatan)

E_i = Data Empiris (sesuai distribusinya)

- d. Hitung jumlah χ^2_h
- e. Bandingkan nilai χ^2_h dengan tabel χ^2_{cr} untuk $\alpha = 5\%$. Jika hasilnya lebih kecil maka distribusi dapat diterima.

Tabel 2. 7. Nilai (χ^2_{cr}) dari chi-kuadrat

Degrees of Freedom	Probability of a deviation greather then c2				
	0.200	0.100	0.050	0.010	0.001
1	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
5	7.289	9.236	10.070	15.086	20.517
6	8.558	10.645	12.592	16.812	22.457
7	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	11.030	13.362	15.507	20.090	26.125
9	12.242	14.684	16.919	21.666	27.877
10	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	19.311	22.064	23.685	30.578	37.697
16	20.465	23.524	26.296	32.000	39.252
17	21.615	24.769	27.587	33.409	40.790
18	22.760	25.989	28.869	34.805	42.312
19	23.900	27.204	30.144	36.191	43.820
20	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315

2.7. Debit Rencana

Banyak metode yang diterangkan untuk menganalisis banjir rencana diantaranya adalah Metode Empiris, Metode Statistik, Metode Rational dan Metode Hidrograf Satuan. Debit banjir yang dianalisa adalah untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Debit banjir dapat diperoleh dari analisa hidrologi, analisa data aliran sungai dan analisa data debit puncak tahunan

2.7.1. Metode Rasional

Menurut Suripin (2004) Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1993). Metode ini sangat simple dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas. Karena model ini merupakan model kotak hitam, maka tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf. Secara matematis dapat ditulis dalam Pers. 2.10.

$$Q = 0,00278 C \cdot I \cdot A \quad (2.10)$$

Dimana:

- Q = debit (m³ /det).
- C = koefisien aliran permukaan.
- I = intensitas curah hujan (mm/jam).
- A = luas daerah aliran (Ha).

Rumus diatas berlaku untuk daerah yang luas pengalirannya tidak lebih dari 80 Ha, sedangkan untuk daerah yang luas pengalirannya lebih besar dari 80 Ha maka rumus rasional diatas harus dirubah menjadi Pers. 2.11.

$$Q = 0,00278 C \cdot C_s \cdot I \cdot A \quad (2.11)$$

Dimana:

- Q = debit (m³ /det).
- I = intensitas curah hujan (mm/jam).
- A = luas daerah aliran (Ha).
- C = koefisien aliran permukaan.
- C_s = koefisien tampungan.

$$C_s = \frac{2T_c}{2T_c + T_d} \quad (2.12)$$

Dimana:

- C_s = koefisien tampung.
- T_c = waktu konsentrasi (jam)

T_d = waktu aliran air mengalir di dalam saluran dari hulu hingga ke tempat pengukuran (jam)

2.7.2. Intensitas Hujan

Untuk mendapatkan intensitas hujan (r) selama *time of concentration* (t) yang biasanya < 24 jam dipergunakan hujan peretmal (R) dengan rumus

Dr. Mononobe sebagai berikut:

$$r = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (2.13)$$

dimana :

r = intensitas hujan selama *time of concentration* (mm/jam)

R = hujan peretmal (mm)

t = periode hujan/*time of concentration* (jam)

Time of Concentration (t)

Disini dianggap bahwa periode hujan yang akan menyebabkan debit banjir adalah sama dengan *time of concentration* (t).

Untuk mendapatkan nilai t , dipakai rumus :

$$t = \frac{L}{V} \quad (2.14)$$

dimana :

L = panjang saluran (km)

V = kecepatan perambatan banjir (km/jam)

Untuk mendapatkan nilai V dipakai rumus Dr. Rziha :

$$V = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0,6} \quad (2.15)$$

dimana :

H = beda tinggi antara titik terjauh dan mulut catchment (km)

L = pajang saluran (km)

V = kecepatan perambatan banjir (km/jam)

2.7.3. Data Hujan

Data hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi saat melakukan perencanaan dan evaluasi terhadap sistem drainase.

Pengukuran hujan biasanya dilakukan dalam satu hari (24 jam) dimana dengan cara ini maka akan didapat curah hujan sepanjang hari.

Data hujan ditakar dan dikumpulkan oleh beberapa instansi, antara lain Badan Meteorologi dan Geofisika, Dinas Pengairan, dan Dinas Pertanian. Jenis dan tipe alat penakar hujan yang digunakan juga berbeda-beda. Secara umum alat penakar hujan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu alat penakar hujan manual dan alat penakar hujan otomatis (Suripin, 2004). Data curah hujan yang dipakai untuk mewakili DAS daerah studi adalah Sta. Balige, dengan 10 tahun (2011 – 2020).

Tabel 2. 8; Data Curah Hujan Harian maksimum

No.	Tahun	Sta. Balige
1	2011	313
2	2012	374
3	2013	430
4	2014	228
5	2015	339
6	2016	279
7	2017	221
8	2018	297
9	2019	292
10	2020	257

Sumber: BMG

2.8. Analisa Hidrolika

Hidrolika adalah bagian dari “hidrodinamika” yang terkait dengan gerak air atau mekanika aliran. Konsep dasar hidrolika adalah pengaturan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah untuk kemudian dikumpulkan menuju ke saluran dan dari saluran diallirkan menuju ke tempat pembuangan air seperti danau, laut ataupun kolam penampungan (Halim Hasmar, 2003). Dalam konsep hidrolika terdapat dua jenis saluran yaitu saluran terbuka (open channel) dan saluran tertutup (closed off channel). Dua jenis aliran tersebut dalam banyak hal mempunyai kesamaan tetapi berbeda dalam satu ketentuan penting, perbedaan tersebut adalah pada keberadaan permukaan bebas yang ada pada saluran.

1. Saluran Terbuka (*Open Channel*)

Saluran terbuka (*open channel*) adalah saluran yang mengalirkan air dimana pada permukaan aliran masih dipengaruhi oleh tekanan atmosfer. Aliran saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai muka air bebas. Saluran ini memerlukan luasan yang cukup untuk dibangun dan dipergunakan untuk saluran pengairan sawah dan limpasan air hujan (Departemen PU, 1980).

2. Saluran Tertutup (*closed Off Channel*)

Saluran tertutup (*closed off channel*) adalah saluran air yang keseluruhan permukaannya tertutup dan tidak terdapat permukaan air bebas yang dipengaruhi tekanan atmosfer. Saluran ini pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak ditengah kota atau fasilitas-fasilitas khusus (Departemen PU, 1980).

2.8.1. Debit Aliran (Q_a)

Untuk menghitung kapasitas saluran, digunakan persamaan kontinuitas dari Manning.

$$Q_a = A \times V \quad (2.16)$$

Dimana:

Q_a = Debit aliran (m^3/det)

A = Luas penampang basah (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/det)

2.8.2. Klasifikasi Aliran

Aliran permukaan bebas dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe tergantung kriteria yang digunakan. Berdasarkan Perubahan kedalaman atau kecepatan mengikuti fungsi waktu, maka aliran dibedakan menjadi aliran permanen (*steady*) dan tidak permanen (*unsteady*), sedangkan berdasarkan fungsi ruang, maka aliran dibedakan menjadi aliran seragam (*uniform*) dan tidak seragam (*non-uniform*) (Suripin, 2004).

1. Aliran Permanen dan Tidak Permanen

Jika kecepatan aliran pada suatu titik tidak berubah terhadap waktu, maka alirannya disebut aliran permanen atau tunak (*steady flow*), jika kecepatan pada suatu lokasi tertentu berubah terhadap waktu, maka alirannya disebut aliran tidak permanen atau tidak tunak (*unsteady flow*).

2. Aliran Seragam dan Berubah

Jika kecepatan aliran pada suatu waktu tertentu tidak berubah sepanjang saluran yang ditinjau, maka alirannya disebut aliran seragam (*uniform flow*). Jika kecepatan aliran pada saat tertentu berubah terhadap jarak, maka alirannya disebut aliran tidak seragam atau aliran berubah (*non-uniform flow*). Persamaan yang pada umumnya dipakai di Indonesia untuk menentukan nilai kecepatan aliran ada dua, yaitu Persamaan Chezy dan Persamaan Manning. Pada perencanaan ini untuk menentukan kecepatan rata-rata digunakan Persamaan Manning

3. Persamaan Manning (1889)

Pada tahun 1889 Robert Manning mengemukakan sebuah rumus yang dikenal dengan rumus Manning, dengan persamaan seperti dibawah ini.

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2.17)$$

dengan:

V = Kecepatan rata-rata (m/s)

R = Jari-jari hidrolis saluran (m)

S = Kemiringan dasar saluran

n = Koefisien kekasaran Manning

Salah satu kesulitan dalam pemakaian rumus Manning adalah menentukan koefisien kekasaran (n), dikarenakan tidak ada cara tertentu yang dapat digunakan untuk pemilihan nilai koefisien kekasaran (n). Dalam menentukan koefisien

kekasaran saluran terdapat beberapa pendekatan umum yang dapat digunakan, yaitu:

1. Memahami faktor-faktor yang mempengaruhi nilai n .
2. Mencocokkan tabel dari nilai-nilai n untuk berbagai tipe saluran.
3. Memeriksa dan memahami sifat dari beberapa saluran yang koefisien kekasarannya telah diketahui.
4. Menentukan nilai n dengan cara analitis berdasarkan kecepatan teoritis pada penampang saluran dan data pengukuran kecepatan maupun pengukuran kekasaran.

Dari berbagai jenis saluran, baik berupa saluran tanah maupun dengan pasangan, besarnya koefisien manning dapat mengacu pada Tabel 2.9

Tabel 2. 9: Koefisien kekasaran Manning.

No.	Tipe Saluran	Koefisien Manning (n)
1	Besi tuang lapis	0,014
2	Kaca	0,010
3	Saluran beton	0,013
4	Bata dilapis mortar	0,015
5	Pasangan batu disemen	0,025
6	Saluran tanah bersih	0,022
7	Saluran tanah	0,030
8	Saluran dengan dasar baru dan tebing rumput	0,040
9	Saluran pada galian batu padas	0,040

2.8.3. Kemiringan Saluran

Kemiringan saluran adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding saluran. Kemiringan dasar saluran merupakan kemiringan dasar saluran dengan arah memanjang dimana pada umumnya dipengaruhi oleh kondisi topografi, serta tinggi tekanan yang diperlukan untuk adanya pengaliran sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. (Anonim, 1997)

Tabel 2. 10: Nilai kemiringan dinding saluran sesuai bahan

No.	Bahan Saluran	Kemiringan Dinding (m)
1	Batuan/ cadas	0
2	Tanah lumpur	0,25
3	Lempung keras/ tanah	0,5 – 1
4	Tanah dengan pasangan batuan	1
5	Lempung	1,5
6	Tanah berpasir lepas	2
7	Lumpur berpasir	3

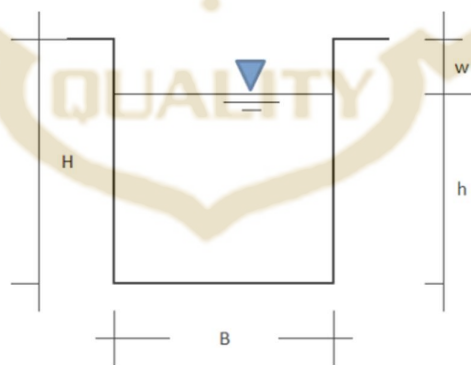
Sumber: (ISBN: 979 – 8382 –49 – 8, 1994).

2.8.4. Jenis Penampang Saluran

Potongan melintang saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekerasan dan kemiringan dasar tertentu (Suripin, 2004)..

1 Penampang Segi Empat

Saluran drainase dengan penampang segi empat merupakan salah satu jenis penampang saluran drainase yang tidak banyak membutuhkan ruang. Konsekuensi dari saluran dengan penampang segi empat ialah saluran harus terbuat dari pasangan batu atau beton. Bentuk saluran demikian dapat berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga, maupun air irigasi



Gambar 2. 6: Penampang Persegi Empat

Untuk penampang persegi paling ekonomis:

Luas penampang (A):

$$A = B \times h \quad (2.18)$$

Keliling basah (P):

$$P = (2 \times h) + B \quad (2.19)$$

Jari-jari hidrolik R:

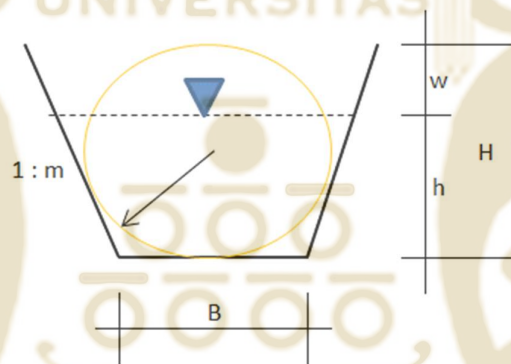
$$R = A/P \quad (2.20)$$

Kecepatan aliran (V):

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2.21)$$

2. Penampang Berbentuk Trapesium

Luas penampang melintang A dan Keliling basah P, saluran dengan penampang melintang bentuk trapesium dengan lebar dasar b, kedalaman h dan kemiringan dinding 1 m (Gambar 2.9) dapat dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2. 7: Penampang Trapesium

Untuk penampang trapesium paling ekonomis:

Luas penampang (A):

$$A = (B+mh)h \quad (2.22)$$

Keliling basah (P):

$$P = B + 2h\sqrt{(m^2 + 1)} \quad (2.23)$$

Jari-jari hidrolik (R):

$$R = A / P \quad (2.24)$$

Kecepatan aliran (V):

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2.25)$$

2.8.5. Dimensi Saluran

Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada debit yang harus ditampung oleh saluran (Q_s dalam m^3/det) lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana (Q_T dalam m^3/det). Kondisi demikian dapat dirumuskan dengan Pers. 2.26.

$$Q_s \geq Q_T \quad (2.26)$$

Debit yang mampu ditampung oleh saluran (Q_s) dapat diperoleh dengan Pers. 2.27.

$$Q_s = A \cdot V \quad (2.27)$$

Dimana:

Q_s = debit aliran pada saluran (m^3/det).

A = luas penampang basah (m^2).

V = kecepatan aliran (m/det).

Untuk mencari nilai kecepatan aliran dapat menggunakan Manning Pers. 2.28.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2.28)$$

Dimana:

V = kecepatan aliran (m/det).

n = koefisien kekasaran Manning.

R = jari-jari hidrolis (m).

S = kemiringan dasar saluran.

Nilai R dapat dicari dengan menggunakan Pers. 2.29.

$$R = A / P \quad (2.29)$$

Dimana:

R = jari-jari hidrolis (m).

A = luas penampang basah (m^2).