

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sungai

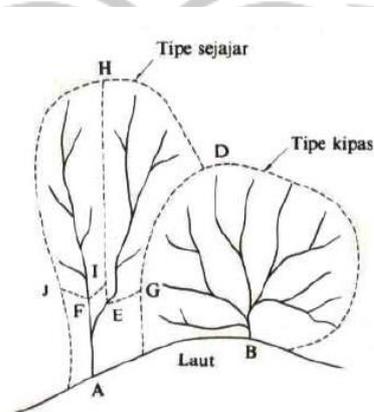
Sungai didefinisikan sebagai suatu alur yang panjang diatas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan, limpasan, air tanah, mata air, maupun sumber air lainnya. Proses terbentuknya sungai itu sendiri berasal dari mata air yang berasal dari gunung atau pegunungan yang mengalir di atas permukaan bumi. Menurut Sosrodarsono (1985), sebagian besar air hujan yang turun ke permukaan tanah, mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah dan setelah mengalami bermacam-macam perlawanan akibat gaya berat, akhirnya melimpah ke danau atau laut. Dalam perjalanannya dari hulu menuju hilir, aliran sungai secara berangsur-angsur berpadu dengan banyak sungai lainnya. Perpaduan ini membuat tubuh sungai menjadi semakin besar. Apabila suatu sungai mempunyai lebih dari dua cabang, maka sungai yang daerah pengaliran, panjang dan volume airnya paling besar disebut sebagai sungai utama (*main river*). Sedangkan cabang yang lain disebut anak sungai (*tributary*). Suatu sungai kadang-kadang sebelum aliran airnya mencapai laut, sungai tersebut membentuk beberapa cabang yang disebut cabang sungai (*enfluent*).

2.1.1 Morfologi Sungai

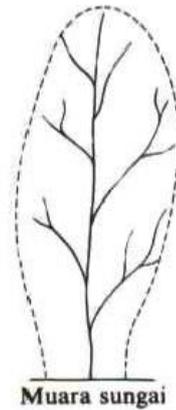
Menurut Sosrodarsono (1985), sifat-sifat suatu sungai dipengaruhi oleh luas, dan bentuk daerah pengaliran sungai (DPS) serta kemiringannya. Topografi suatu daerah sangat berpengaruh terhadap morfologi sungai yang ada. Daerah

dengan bentuk pegunungan pendek-pendek mempunyai daerah pengaliran yang tidak luas dan kemiringan dasarnya besar. Sebaliknya daerah dengan kemiringan dasarnya kecil biasanya mempunyai daerah pengaliran yang luas. Hal-hal yang berkaitan erat dengan morfologi sungai antara lain bentuk aliran, dimensi aliran, bentuk badan aliran, kemiringan saluran, daya tampung, dan sifat alirannya.

Lokasi anak sungai dalam suatu daerah pengaliran terutama ditentukan oleh keadaan daerahnya. Sungai A pada Gambar 2.1 mempunyai dua anak sungai yang mengalir bersama-sama dan bertemu setelah mendekati muara yang disebut sungai tipe sejajar. Sebaliknya ada pula sungai yang anak-anak sungainya mengalir menuju suatu titik pusat (Sungai B pada Gambar 2.1) yang disebut tipe kipas. Selain itu terdapat juga tipe lainnya seperti tipe cabang pohon (Gambar 2.2) yang mempunyai beberapa anak sungai yang mengalir ke sungai utama di kedua sisinya pada jarak-jarak tertentu. Dalam keadaan yang sesungguhnya kebanyakan sungai-sungai tidaklah sesederhana sebagaimana tersebut diatas, akan tetapi merupakan perpaduan dari ketiga tipe tersebut (Sosrodarsono, 1985).



Gambar 2.1 DPS dan Pola Susunan Anak Sungai nya
(Sumber : Sosrodarsono, 1985)

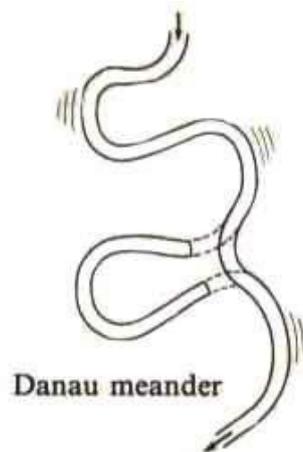


Gambar 2.2 Susunan Anak Sungai Tipe Cabang Pohon
(Sumber : Sosrodarsono, 1985)

2.1.2 Perilaku Sungai

Menurut Sosrodarsono (1985), sungai adalah saluran drainase yang terbentuk secara alamiah, akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir didalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya terus menerus dan terbentuklah lembah-lembah sungai. Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing-tebing sungai di daerah pegunungan dan tertimbun di dasar sungai tersebut terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Dikarenakan pada daerah pegunungan kemiringan sungainya curam gaya tarik aliran airnya cukup besar, tetapi setelah mencapai dataran gaya tariknya menurun drastis. Dengan demikian, beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur-angsur diendapkan. Dengan adanya perubahan kemiringan yang mendadak pada alur sungai dari curam ke landai, maka pada lokasi ini terjadi proses pengendapan yang sangat intensif yang menyebabkan mudah berpindahya alur sungai dan terbentuklah kipas pengendapan. Pada daerah dataran yang rata alur sungai tidak stabil dan apabila sungai mulai membelok, maka terjadilah erosi

pada tebing belokan luar yang berlangsung sangat intensif, sehingga terbentuklah meander seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Meander sungai
(Sumber : Sosrodarsono, 1985)

2.2 Daerah Aliran Sungai

Menurut Peraturan Menteri Nomor 28 Tahun 2015, daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Menurut Maryono (2005), DAS dibatasi oleh punggung-punggung atau pegunungan dimana air hujan yang jatuh didaerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik atau stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah

tegak lurus dengan garis–garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik–titik tertinggi tersebut adalah DAS.

Panjang sungai adalah panjang yang diukur sepanjang sungai, dari stasiun yang ditinjau atau muara sungai sampai ujung hulunya. Sungai utama adalah sungai terbesar pada daerah tangkapan dan yang membawa aliran menuju muara sungai. Pengukuran panjang sungai dan panjang DAS adalah penting dalam analisis aliran limpasan dan debit aliran sungai. Panjang DAS adalah panjang maksimum sepanjang sungai utama dari stasiun yang ditinjau atau muara ke titik terjauh dari batas DAS. Panjang pusat berat adalah panjang sungai yang diukur sepanjang sungai dari stasiun yang ditinjau sampai titik terdekat dengan titik berat daerah aliran sungai. Pusat berat DAS adalah pusat berat titik perpotongan dari dua atau lebih garis lurus yang membagi DAS menjadi dua DAS yang kira – kira sama besar (Triatmodjo, 2008).

Menurut Permen PU 63/1993 dalam Maryono (2009), sungai dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu sungai besar dan sungai kecil, disebut sungai besar jika mempunyai luas DAS lebih dari 500 km^2 (luas DAS $> 500 \text{ km}^2$) dan sungai kecil dengan luas DAS kurang dari 500 km^2 (luas DAS $< 500 \text{ km}^2$).

2.3 Daerah Sempadan Sungai

Menurut Poedjioetami (2008), sempadan sungai terdapat di antara ekosistem sungai dan ekosistem daratan. Berdasarkan Surat Keputusan Presiden Republik Indonesia No. 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung dalam Poedjioetami (2008), sempadan sungai didefinisikan sebagai kawasan sepanjang kiri dan kanan sungai, termasuk sungai buatan/kanal/saluran irigasi

primer, yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan fungsi sungai. Sempadan sungai meliputi ruang di kiri dan kanan palung sungai di antara garis sempadan dan tepi palung sungai untuk sungai tidak bertanggul, atau di antara garis sempadan dan tepi luar kaki tanggul untuk sungai bertanggul.

Daerah sempadan mencakup daerah bantaran sungai yaitu bagian dari badan sungai yang hanya tergenang air pada musim hujan dan daerah sempadan yang berada di luar bantaran yaitu daerah yang menampung luapan air sungai di musim hujan dan memiliki kelembaban tanah yang lebih tinggi dibandingkan kelembaban tanah pada ekosistem daratan. Bantaran sungai, menurut Maryono (2009) dibedakan menjadi :

- a. Bantaran banjir L_b ; adalah lebar antara titik batas muka air normal sungai dengan titik batas pada saat banjir (banjir yang paling sering terjadi). Lebar bantaran banjir ditentukan dengan memeriksa langsung potongan melintang sungai di lapangan. Lebar bantaran banjir untuk masing- masing penggal sungai dapat berbeda tergantung morfologi melintang dan memanjang sungai. Disamping itu, terdapat juga sungai tanpa bantaran banjir dan sungai dengan bantaran banjir relatif sangat lebar dibandingkan dengan tinggi tebing sungai.
- b. Bantaran longsor L_l ; ditentukan berdasarkan sudut penyebaran beban, yaitu 45 ($tg\ 45 = 1$). Namun, untuk memberi keamanan terhadap keruntuhan dengan angka aman $1,5$ ($arc\ ctg\ 1,5 = 33,7$), maka sudut aman tebing dapat digunakan $33,7$. Lebar bantaran longsor minimal didapat satu setengah kali ketinggian tebing dihitung dari kaki tebing

($1,5H$). Bantaran longsor ini sangat penting untuk memberikan pengertian akan adanya daerah potensi longsor di tebing sungai. Untuk sungai tanpa tebing, bantaran longsornya tidak ada dan tebing sungai termasuk dalam bantaran longsor.

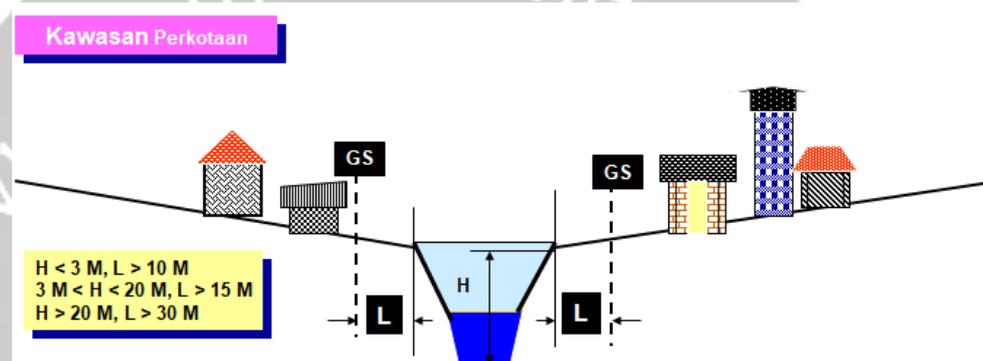
- c. Bantaran ekologi penyangga L_e ; adalah bantaran ekologi yang terletak di luar bantaran longsor yang fungsinya menjaga ekologi yang berada di dalamnya yaitu ekologi di bantaran banjir dan bantaran longsor. Besarnya bantaran ekologi penyangga bervariasi tergantung jenis vegetasi dan keanekaragaman hayati daerah tersebut.
- d. Bantaran keamanan L_k ; adalah lebar areal yang berfungsi sebagai ruang keamanan sungai kaitannya dengan desakan masyarakat sosial. Sehingga, lebar bantaran keamanan ini sangat dipengaruhi oleh situasi sosial pada penggal yang ditinjau. Lebar bantaran keamanan ditentukan oleh masyarakat dan pemerintah sendiri. Sampai saat tulisan ini diturunkan belum ada penelitian tentang bantaran keamanan. Sebagai acuan kasar dapat dipakai lebar bantaran keamanan satu setengah kedalaman tebing sungai ($1,5H$), dengan asumsi bahwa jika terjadi erosi tebing sungai sampai mencapai batas luar bantaran ekologi, maka masih terdapat bantaran keamanan yang lebarnya sama dengan bantaran longsor $L_l = 1,5 H$.

Peraturan Menteri PUPR No. 28 Tahun 2015

Kriteria penentuan garis sempadan sungai :

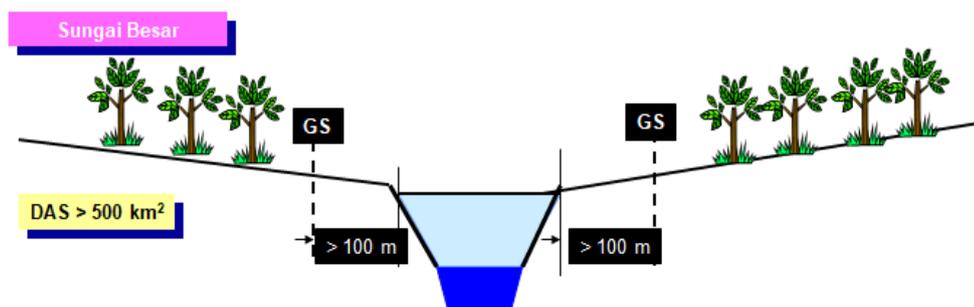
1. Sempadan sungai tidak bertanggul di dalam kawasan perkotaan:

- a. 10 (sepuluh) meter untuk kedalaman ≤ 3 (tiga) meter;
- b. 15 (lima belas) meter untuk kedalaman sungai 3 (tiga) meter sampai dengan 20 (dua puluh) meter;
- c. 30 (tiga puluh) meter untuk kedalaman sungai lebih dari 20 (dua puluh) meter.

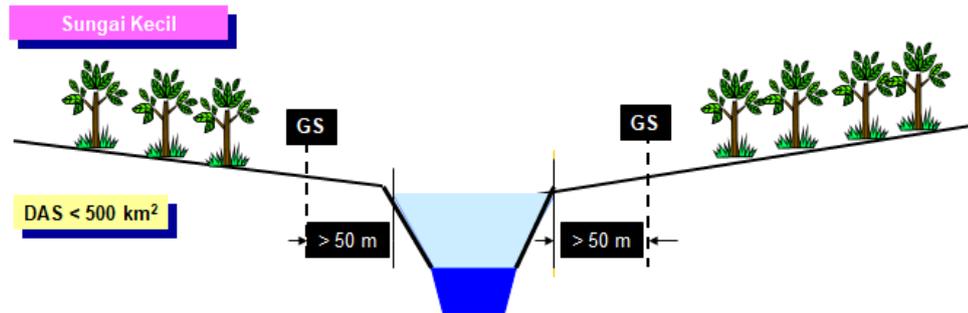


Gambar 2.4 Sempadan Sungai Tidak Bertanggul di Kawasan Perkotaan

2. Sempadan sungai besar tidak bertanggul di luar kawasan perkotaan adalah paling sedikit berjarak 100 (seratus) meter.
3. Sempadan sungai kecil tidak bertanggul di luar kawasan perkotaan adalah paling sedikit 50 (lima puluh) meter.

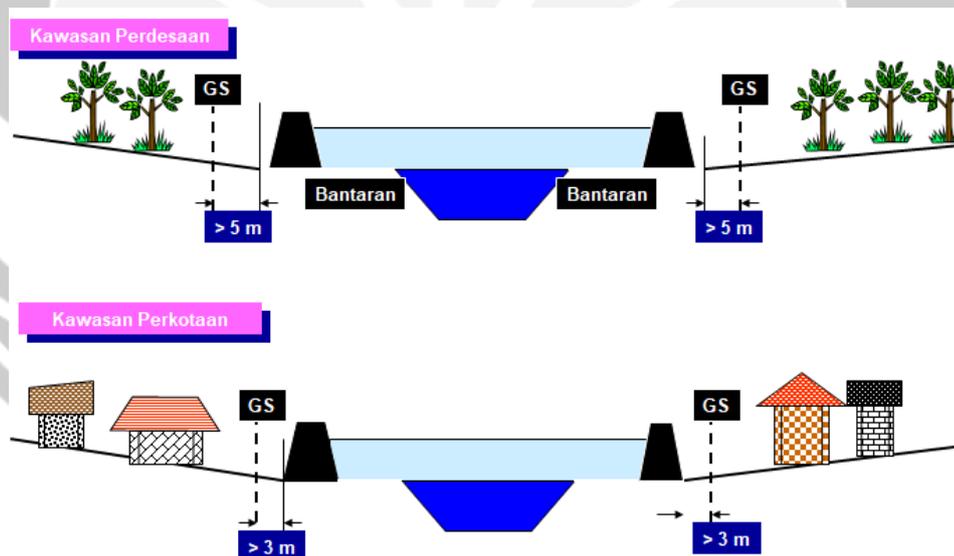


Gambar 2.5 Sempadan Sungai Besar Tidak Bertanggul di Pedesaan



Gambar 2.6 Sempadan Sungai Kecil Tidak Bertanggul di Pedesaan

4. Garis sempadan sungai bertanggul di dalam kawasan perkotaan adalah paling sedikit berjarak 3 (tiga) meter.
5. Garis sempadan sungai bertanggul di luar kawasan perkotaan adalah paling sedikit berjarak 5 (lima) meter.



Gambar 2.7 Sempadan Sungai Bertanggul

2.4 Curah Hujan

Menurut Sosrodarsono (1985), curah hujan yang diperlukan untuk mendukung pekerjaan perencanaan dan detail desain pengendalian banjir dimaksudkan untuk memperoleh keluaran berupa besaran banjir rancangan.

Dalam hal ini, besarnya volume debit yang disebabkan oleh curah hujan jangka waktu yang pendek dipergunakan sebagai acuan dalam perencanaan bangunan-bangunan sungai, seperti talud, pintu air saluran pembuang (*flap gate*), pelindung lereng tebing (*groin*, bronjong, riprapp, dan krip), bangunan pengendali dasar sungai (*groundsill*), bendung irigasi dan lain – lain. Catatan hujan setiap waktu (kontinyu) itu dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam dan disebut intensitas curah hujan. Dari data curah hujan yang ada dapat diketahui tinggi hujan pada titik yang ditinjau, yang selanjutnya dapat dipergunakan untuk analisis banjir akibat hujan dengan menggunakan hidrograf sintetik. Analisis selanjutnya diarahkan untuk memperkirakan besarnya debit banjir yang dihitung untuk beberapa kala ulang yaitu 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun. Makin pendek jangka waktu curah hujan, makin besar intensitasnya. Distribusi hujan terkadang berhenti atau menjadi kecil atau lemah. Jadi, jika jangka waktu curah hujan itu panjang, maka intensitasnya kecil.

2.5 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi diperlukan untuk memperoleh besarnya debit banjir rencana. Debit banjir rencana merupakan debit maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas sungai. Untuk mendapatkan debit rencana tersebut dapat dengan cara melakukan pengamatan dan pengukuran langsung di lokasi sungai ataupun dengan menganalisis data curah hujan maksimum pada stasiun-stasiun pengukuran hujan yang berada di daerah aliran sungai tersebut.

2.6 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit terbesar yang mungkin terjadi pada sungai-sungai atau saluran alami dengan periode ulang rata-rata yang sudah ditentukan dan dapat dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi dan stabilitas bangunan-bangunan. Untuk menghitung debit banjir rencana data-data yang diperlukan adalah:

- a. luas daerah pengaliran sungai (DPS)
- b. panjang sungai
- c. elevasi sungai tertinggi
- d. elevasi sungai terendah

2.7 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Aliran Sungai

Salah satu metode yang biasa digunakan untuk mengetahui besarnya curah hujan rata-rata pada suatu DAS yaitu metode *Poligon Thiessen*. Cara ini memperhitungkan luas daerah yang mewakili dari pos-pos hujan yang bersangkutan, untuk digunakan sebagai faktor bobot dalam perhitungan curah hujan rata-rata.

$$\text{Rumus : } R = R_1W_1 + R_2W_2 + \dots + R_nW_n \dots \dots \dots (2-1)$$

Keterangan :

- | | |
|---------------------------|--|
| R | = curah hujan rata-rata (mm) |
| R_1, R_2, \dots, R_n | = curah hujan masing-masing stasiun |
| $W_1 \dots W_2 \dots W_n$ | = faktor bobot masing-masing stasiun, yaitu % daerah pengaruh terhadap luasan keseluruhan. |

(Sumber : Brotowiryatmo, 1993)

2.8 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Setelah mendapatkan curah hujan rata-rata dari beberapa stasiun yang berpengaruh di daerah aliran sungai, selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mendapatkan pola sebaran yang sesuai dengan sebaran curah hujan rata-rata yang ada.

2.8.1 Analisis Frekuensi

1. Standar Deviasi (S)

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

2. Koefisien *Skewness* (C_s)

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

3. Koefisien *Curtosis* (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_x^4} \dots\dots\dots (2-4)$$

4. Koefisien Variansi (C_v)

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{X}_r} \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan :

- C_s = Koefisien kemencengan (*Skewness*)
- C_k = Koefisien kepuncakan / Keruncingan (*Curtosis*)
- C_v = Koefisien variansi perbandingan deviasi standart dengan rata-rata
- X_i = Curah hujan masing-masing pos (mm)
- \bar{X}_r = Curah hujan rata-rata (mm)
- S_x = Standar deviasi

(Sumber : Sosrodarsono, 1983)

2.8.2 Parameter Statistik

1) Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan. Distribusi normal mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau C_s sama dengan atau mendekati 0 dan C_k sama dengan atau mendekati 3.

2) Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari Distribusi Normal yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X . Distribusi tipe Log Normal mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $C_s = 3C_v + C_v^3$. Syarat lain distribusi sebaran Log Normal, $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$.

3) Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $C_s \approx 1.1396$.

4) Distribusi Log Pearson Type III

Distribusi Log Pearson Type III atau Distribusi *Extrim Tipe III* digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan nilai varian minimum, misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (*low flows*).

Distribusi *Log Pearson Type III* mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $CS \neq 0$.

Dengan mengikuti pola sebaran yang sesuai selanjutnya dihitung curah hujan rencana dalam beberapa metode ulang yang akan digunakan untuk mendapatkan debit banjir rencana. Analisa statistik tersebut terdiri atas beberapa metode, yaitu :

2.8.2.1 Metode Gumbel

$$\text{Rumus: } X_T = X + \frac{(Y_T - Y_n)}{S_n} S \dots\dots\dots (2-6)$$

Keterangan :

- X_T = curah hujan rencana dalam periode ulang T tahun (mm)
- X = curah hujan rata-rata hasil pengamatan (mm)
- Y_T = *reduced variabel*, parameter Gumbel untuk periode T tahun
- Y_n = *reduced mean*, yang tergantung dari besarnya sampel n
- S = standar deviasi sampel
- S_n = *reduced standard deviation*, yang tergantung dari besarnya sampel n

Tabel 2.1. *Reduced Mean (Yn)*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5300	0.5820	0.5882	0.5343	0.5353
30	0.5363	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5400	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5463	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5468	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.8898	0.5599
100	0.5600									

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.2. *Reduced Standard Deviation (S)*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.2260	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2046	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.3. *Reduced Variate (Yt)*

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
20	2.9606
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001
200	5.2960
500	6.2140
1000	6.9190
5000	8.5390
10000	9.9210

(Sumber : Soemarto, 1999)

2.8.2.2 Metode Distribusi *Log Pearson Tipe III*

$$\text{Rumus : } \log X_T = \log X + (k * S_x * \log X) \dots\dots\dots (2-7)$$

Keterangan :

$\log X_T$ = Logaritma curah hujan dalam periode ulang T tahun (mm)

$\log X$ = Rata – rata logaritma curah hujan (mm)

n = Jumlah pengamatan

S_x = Standar Deviasi

C_s = Koefisien Kemencengan

(Sumber : SK SNI M-18-1989-F, 1989)

Tabel 2.4 Harga k untuk Distribusi *Log Pearson Tipe III*

C_s	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.330	0.574	1.840	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	6.990	5.390
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	5.525
0.2	-0.033	0.831	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	0.017	0.836	1.270	1.761	2.000	2.252	2.482	3.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.830	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.488	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.200	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.089	1.097	1.130
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	1.995	1.000
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	1.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

(Sumber : Soemarto, 1999)

2.8.2.3 Metode Distribusi Log Normal

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut :

$$\text{Rumus : } \log X_t = \log X_{rt} + S * K_t \quad \dots\dots\dots (2-8)$$

Keterangan :

X_t = besarnya debit banjir yang mungkin terjadi dengan periode ulang T tahun (m^3/detik)

X_{rt} = debit rata-rata (m^3/detik).

S = standar deviasi

K_t = standar variabel untuk periode ulang T tahun yang besarnya diberikan pada Tabel 2.5

(Sumber : Soewarno, 1995)

Tabel 2.5 *Standart Variable (K_t)*

T	K_t	T	K_t	T	K_t
1	-1.86	20	1.89	90	3.34
2	-0.22	25	2.10	10	3.45
3	0.17	30	2.27	11	3.53
4	0.44	35	2.41	12	3.62
5	0.64	40	2.54	13	3.70
6	0.81	45	2.65	14	3.77
7	0.95	50	2.75	15	3.84
8	1.06	55	2.86	16	3.9
9	1.17	60	2.93	17	3.97
10	1.26	65	3.02	18	4.03
11	1.35	70	3.08	19	4.09
12	1.43	75	3.60	20	4.14
13	1.50	80	3.21	22	4.24
14	1.57	85	3.28	24	4.33
15	1.63	90	3.33	26	4.42

(Sumber : Soewarno, 1995)

Tabel 2.6 Koefisien untuk Metode Sebaran Log Normal

Cv	Periode Ulang T					
	2	5	10	20	50	100
0,0500	-	0.8334	1.2965	1.6863	2.1341	2.4370
0,1000	-	0.8222	1.3078	1.7247	2.2130	2.5489
0,1500	-	0.8085	1.3156	1.7598	2.2899	2.6607
0,2000	-	0.7926	1.3200	1.7911	2.3640	2.7716
0,2500	-	0.7748	1.3209	1.8183	2.4348	2.8805
0,3000	-	0.7547	1.3183	1.8414	2.5316	2.9866
0,3500	-	0.7333	1.3126	1.8602	2.5638	3.0890
0,4000	-	0.7100	1.3037	1.8746	2.6212	3.1870
0,4500	-	0.6870	1.2920	1.8848	2.6734	3.2109
0,5000	-	0.6626	1.2778	1.8909	2.7202	3.3673
0,5500	-	0.6129	1.2513	1.8931	2.7615	3.4488
0,6000	-	0.5879	1.2428	1.8916	2.7974	3.5241
0,6500	-	0.5879	1.2226	1.8866	2.8279	3.5930
0,7000	-	0.5631	1.2011	1.8786	2.8532	3.6568
0,7500	-	0.5387	1.1784	1.8577	2.8735	3.7118
0,8000	-	0.5184	1.1584	1.8543	2.8891	3.7617
0,8500	-	0.4914	1.1306	1.8388	2.9002	3.8056
0,9000	-	0.4886	1.1060	1.8212	2.9071	3.8437
0,9500	-	0.4466	1.0810	1.8021	2.9102	3.8762
1,000	-	0.4254	1.0560	1.7815	2.9098	3.9036

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.9 Uji Keselarasan

Uji keselarasan dimaksudkan untuk menetapkan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisa. Ada dua jenis uji keselarasan yaitu uji *Chi Kuadrat* dan uji *Smirnov Kolmogorof*.

2.9.1. Uji Keselarasan *Chi Kuadrat*

Prosedur uji *Chi Kuadrat* adalah sebagai berikut :

- 1) urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- 2) kelompokkan data menjadi G sub-grup
- 3) jumlahkan data pengamatan sebesar O_f tiap – tiap sub-grup

- 4) jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar Ef
- 5) pada tiap sub-grup hitung nilai : $\frac{(Ef-Of)^2}{Ef}$, lalu jumlahkan
- 6) tentukan derajat kebebasan $DK = K-R-1$ (nilai $R = 2$ untuk distribusi normal dan binormal, sedangkan $R = .1$ untuk distribusi Poisson dan Gumbel)
- 7) apabila jumlah seluruh G sub-grup $<$ nilai kritis, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima

Tabel 2.7. Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi Kuadrat*

DK	Derajat Kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.100	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.34	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.27	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.08	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.81	18.548
7	0.989	1.239	1.69	2.167	14.067	16.013	18.47	20.278
8	1.344	1.646	2.18	2.733	15.507	17.535	20.09	21.955
9	1.735	2.088	2.7	3.325	16.919	19.023	21.66	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.20	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	214.92	24.72	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.21	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.68	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.14	31.319
15	4.601	5.229	6.161	7.261	24.996	27.488	30.57	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.00	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.40	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.80	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.19	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.17	37.56	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.93	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.28	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.63	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.98	45.558
25	10.52	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.31	46.928
26	11.16	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.64	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.96	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.27	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.58	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.89	53.672

(Sumber : Soemarto, 1999)

2.9.2. Uji Keselarasan *Smirnov Kolmogorof*

Uji *Sminov-Kolgomorof* sering juga disebut uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Rumus yang dipakai adalah :

$$\alpha = \frac{Pmax}{P(x)} - \frac{P(Xi)}{\Delta Cr} \dots\dots\dots (2-9)$$

Prosedur pengujian *Sminov-Kolgomorof* adalah :

- 1) urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan peluangnya dari masing-masing data tersebut, yaitu :

$$X_1 \rightarrow P(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P(X_2)$$

$$X_n \rightarrow P(X_n)$$

- 2) tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data, yaitu :

$$X_1 \rightarrow P^I(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P^I(X_2)$$

$$X_n \rightarrow P^I(X_n)$$

- 3) dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis. $D = \text{maksimum}$

$$[P(Xn)-P^I(Xn)]$$

- 4) berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*), tentukan harga D_0 , seperti terlihat dalam tabel berikut :

Tabel 2.8. Nilai Kritis (D_0) untuk Uji *Smirnov-Kolmogorov*

N	α (derajat kepercayaan)			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
>50	$1.07/N^{0,5}$	$1.22/N^{0,5}$	$1.36/N^{0,5}$	$1.63/N^{0,5}$

(Sumber : Soewarno, 1995)

Interpretasi dari hasil Uji *Smirnov - Kolmogorov* adalah :

- 1) Apabila D lebih kecil dari D_0 , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk persamaan distribusi dapat diterima.
- 2) Apabila D lebih besar dari D_0 , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

2.10 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk menghitung debit banjir rencana digunakan hasil perhitungan intensitas curah hujan dengan periode ulang T tahun. Besarnya debit banjir

rencana dapat dihitung dengan beberapa metode yang nantinya dipilih hasil perhitungan terbesar.

2.10.1 Metode *Haspers*

Metode *Haspers* digunakan pada luas DPS < 300 Km².

Rumus :

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot A \quad \dots\dots\dots (2-10)$$

$$t = 0,1 \cdot L^{0,8} \cdot i^{-0,30} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\alpha = \frac{1+(0,012 \cdot A^{0,70})}{1+(0,075 \cdot A^{0,70})} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+(3,70 \cdot 10^{0,40t})}{t^2+15} \cdot \frac{A^{0,75}}{12} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

untuk ; 2 jam < t < 19 jam :

$$Rt = \frac{t \cdot Rn}{t+1} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

Q = debit banjir rencana pada periode ulang T tahun (m³/detik)

α = koefisien limpasan air hujan

β = koefisien pengurangan luas daerah hujan

q = intensitas maksimum jatuhnya hujan rata-rata (m³/detik/Km²)

A = luas daerah pengaliran sungai (Km²)

T = waktu konsentrasi hujan (jam)

Rt = curah hujan harian maksimum (mm)

L = panjang sungai (Km)

i = kemiringan sungai

2.10.2 Metode *Der Weduwen*

Syarat dari metode *Der Weduwen*, yaitu luas DAS < 100 Km². Rumus-

rumus yang digunakan dalam metode *Weduwen* adalah :

$$Qt = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$$t = 0.25 L Q^{0.125} I^{0.25} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\beta = \frac{120 + ((t+1)(t+9))A}{120 + A} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \frac{67.65}{t+1.45} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{\beta q_n + 7} \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

- q_n = luasan curah hujan (m³/detik.Km²)
- Qt = debit rancangan (m³/detik)
- R_n = curah hujan rancangan (mm/hari)
- A = luas DAS (Km²)
- I = kemiringan sungai
- t = lamanya hujan (jam)

Karena perhitungan debit dengan metode *Weduwen* mengandung unsur *trial and error*, untuk nilai t maka perhitungan dilakukan dalam bentuk tabel dengan langkah-langkah :

- 1) asumsi harga t perkiraan
- 2) hitung harga faktor reduksi
- 3) hitung harga koefisien aliran
- 4) hitung harga t perhitungan
- 5) apabila harga t perhitungan sama dengan harga t asumsi maka perhitungan selesai.