

## **ANALISA DEBIT BANJIR SUNGAI RANOYAPO DI DESA LINDANGAN, KEC.TOMPASO BARU, KAB. MINAHASA SELATAN**

**Anugerah A. J. Surentu**

**Isri R. Mangangka, E. M. Wuisan**

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [anugerahsurentu@gmail.com](mailto:anugerahsurentu@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Sungai Ranoyapo merupakan sungai terpanjang yang terdapat di Kabupaten Minahasa Selatan. Dengan panjangnya sungai ini, sungai Ranoyapo melewati beberapa desa di Kabupaten Minahasa Selatan. Salah satu desa yang dilewati adalah desa Lindangan, Kec.Tompaso Baru tepatnya melewati lahan pertanian yang ada sehingga masalah banjir di DAS sungai Ranoyapo di desa Lindangan Kec. Tompaso baru sangat merugikan petani yang ada dan sangat membahayakan masyarakat khususnya penduduk yang berprofesi sebagai petani. Perencanaan pengendalian banjir ataupun perencanaan teknik lain yang berhubungan dengan Sungai Ranoyapo di Desa Lindangan dapat dilakukan dengan baik apabila debit banjir rencana di sungai ini diketahui.*

*Analisis debit banjir rencana menggunakan metode, HSS Gama I, HSS Snyder, HSS Nakayasu, Metode Melchior, Metode Weduwen, dan Metode Haspers. Nilai dari semua metode akan dibandingkan sehingga dapat diketahui metode mana yang dapat disarankan untuk dipakai dalam perencanaan pengendalian banjir.*

*Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa dari keenam metode yang ada memberikan hasil yang berbeda-beda, tetapi memberikan pola peningkatan debit yang hampir sama. Hasil perhitungan dapat dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu HSS Nakayasu (ekstrim tinggi), HSS Snyder, Metode Weduwen dan Metode Haspers (moderat), HSS Gama I dan Metode Melchior (ekstrim rendah). Untuk itu direkomendasikan untuk menggunakan hasil perhitungan HSS Snyder.*

**Kata Kunci : Debit Banjir Rencana, HSS Gama I, HSS Snyder, HSS Nakayasu, Metode Melchior, Metode Weduwen, Metode Haspers**

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Banjir merupakan masalah yang sangat sering terjadi di Indonesia. Banjir juga dapat terjadi karena sungai sudah tidak mampu menampung volume air yang ada saat terjadi hujan yang cukup lebat. Hal ini mengakibatkan air yang ada di sungai meluap dan membanjiri daerah-daerah disekitarnya. Besarnya debit banjir ditentukan menurut periode ulangnya.

Sungai Ranoyapo merupakan sungai terpanjang yang terdapat di Kabupaten Minahasa Selatan. Dengan panjangnya sungai ini, sungai Ranoyapo melewati beberapa desa yang terdapat di Kabupaten Minahasa Selatan. Salah satu desa yang dilewati adalah desa Lindangan Kecamatan Tompaso baru. Pada desa Lindangan, Kecamatan Tompaso baru, sungai ranoyapo melewati lahan pertanian yang terdapat pada desa tersebut. Sehingga masalah banjir di DAS sungai Ranoyapo di desa Lindangan Kec. Tompaso baru sangat merugikan petani yang ada dan sangat

membahayakan masyarakat khususnya penduduk yang berprofesi sebagai petani dan apabila terjadi banjir maka air akan keluar dari jalur sungai yang ada sehingga air akan sendirinya mencari jalan sendiri untuk mengalir.

Banjir di lokasi studi terjadi seiring dengan meningkatnya intensitas hujan. Banjir di DAS sungai Ranoyapo di desa Lindangan sering terjadi juga karena debit banjir yang lebih besar dari pada daya tampung sungai di desa Lindangan itu sendiri. Kondisi semacam ini akan terjadi lebih parah lagi apabila terjadi hujan yang terus menerus. Menurut informasi yang diberikan oleh penduduk sekitar, ketinggian air banjir dari tahun ke tahun makin meningkat.

Analisis debit rencana sangat penting sebagai langkah awal dalam upaya penanggulangan banjir, sehingga penelitian ini fokus pada analisis debit.

#### **Rumusan Masalah**

Permasalahan yang terjadi yaitu setiap tahun terjadi banjir sehingga menggenangi areal

persawahan. Maka perlu dilakukan analisis debit banjir sebagai langkah awal dalam upaya mengatasi banjir.

### Pembatasan Masalah

Dengan adanya permasalahan di atas, maka ruang lingkup pembahasan dalam laporan tugas akhir ini adalah:

1. Tidak membahas kondisi daerah akibat banjir baik segi materil maupun dampak lingkungan.
2. Data yang digunakan adalah data curah hujan dari tahun 2003 - 2014 yang mempengaruhi DAS pada sungai Ranoyapo pada desa Lindangan Kec. Tompaso baru Kec. Minahasa Selatan
3. Tidak membahas tentang jenis-jenis kerusakan yang terjadi akibat banjir.

### Maksud Penelitian

Maksud yang ingin dicapai dari analisa ini adalah :

1. Menghitung debit rencana 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 tahun dengan menggunakan Metode
  - a. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Gama I
  - b. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder
  - c. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu
  - d. Metode Melchior
  - e. Metode Weduwen
  - f. Metode Haspers
2. Mengevaluasi hasil yang di dapat dari beberapa metode yang dihitung

### Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai yaitu menganalisis besarnya debit banjir yang terjadi di Sungai Ranoyapo di desa Lindangan, Kecamatan Tompaso Baru, Kabupaten Minahasa Selatan.

### Manfaat Penelitian

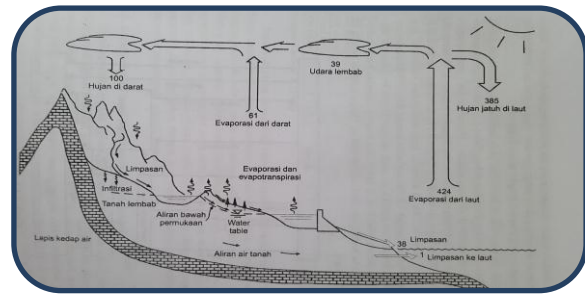
Dengan adanya hasil analisa debit banjir 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 tahun maka dari hasil penelitian ini dapat dilakukan lagi analisa selanjutnya yaitu analisa tinggi muka air dan upaya penanggulangan banjir.

## LANDASAN TEORI

### Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah, dan akhirnya mengalir ke laut kembali (Soemarto, 1999).

Untuk gambar siklus hidrologi dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Gambar 1 menunjukkan siklus hidrologi. Dalam Gambar tersebut ditunjukkan pula komponen-komponen dari siklus hidrologi.

Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara karena adanya penyinaran matahari. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan.

Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut.

Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus-menerus yang disebut dengan siklus hidrologi (Bambang Triatmodjo, 2008)

### Hidrograf Satuan

Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini relatif sederhana, mudah penerapannya, tidak memerlukan data yang kompleks dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti. Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur di DAS yang ditinjau adalah data hujan otomatis dan pencatatan debit di titik kontrol (Bambang Triatmodjo, 2008).

### Hidrograf Satuan Sintetis

Di daerah di mana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Berikut ini diberikan beberapa metode yang biasa digunakan (Bambang Triatmodjo, 2008).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian berlokasi di Sungai Ranoyapo di desa Lindangan, Kecamatan Tompasso Baru, Kabupaten Minahasa Selatan dengan luas DAS sekitar 133,25 km<sup>2</sup> dengan memiliki panjang sungai utama sekitar 16,9 km.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini disusun berdasarkan studi kasus melalui survey atau pengamatan langsung di lapangan disertai dengan analisis berdasarkan metode-metode yang tersedia.

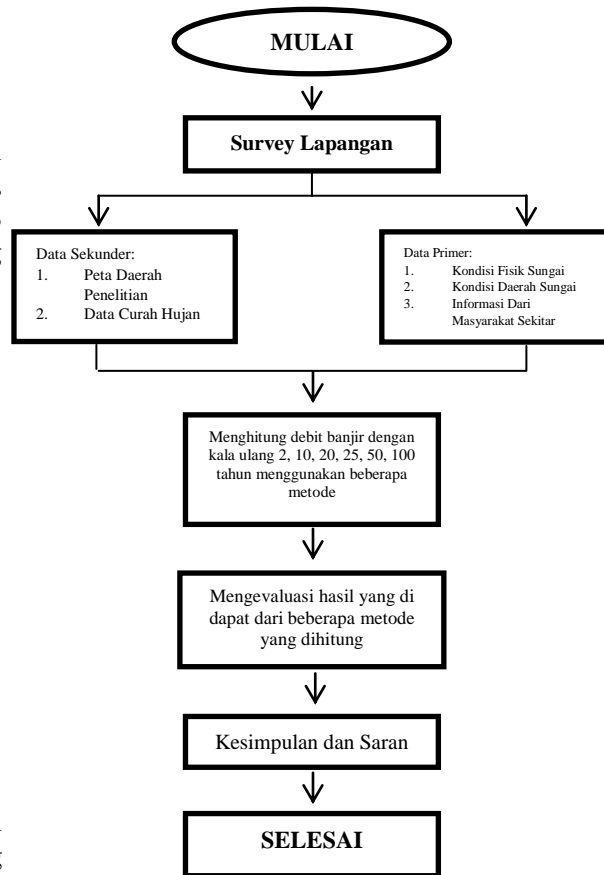
### Analisis Data

- Analisis permasalahan yang terjadi serta alternatif penanggulangannya setelah dilakukan pengamatan di lapangan dan mendapati permasalahan-permasalahan apa yang menyebabkan permasalahan-permasalahan itu ada, maka kita dapat menetapkan alternatif-alternatif apa saja yang dapat kita ambil untuk menanggulangi permasalahan yang terjadi di daerah penelitian.
- Analisis dan Pembahasan
  - Analisis curah hujan  
Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan curah hujan rencana.
  - Analisis debit banjir  
Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan debit banjir rencana dengan berbagai metode periode kala ulang.

### Hasil Dan Pembahasan

Menganalisis debit banjir rencana menggunakan metode HSS Gama I, HSS Snyder, HSS Nakayasu, Metode Melchior, Metode Weduwen, Metode Harpers selanjutnya dievaluasi hasil-hasil yang didapat.

### Bagan Alir



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Data Outlier

#### Outlier Rendah

$$\begin{aligned} \text{Log } X_l &= \overline{\log X} - K_n \cdot S_{log} \\ &= 1.9606 - (2,134)(0,0875) \\ &= 1,773875 \end{aligned}$$

$$X_l = 59,412 \text{ mm}$$

Data curah hujan terendah (Tabel 1) adalah 70,40 mm lebih besar dari nilai  $X_l$  yaitu 59,412 mm, maka tidak ada data uji outlier rendah.

#### Outlier Tinggi

$$\begin{aligned} \text{Log } X_h &= \overline{\log X} + K_n \cdot S_{log} \\ &= 1.9606 + (2,134)(0,0875) \\ &= 2.13875 \end{aligned}$$

Xh = 140,386 mm

Data curah hujan tertinggi (Tabel 1) adalah 131,50 mm lebih kecil dari nilai Xh yaitu 140,386 mm, maka tidak ada data uji outlier tinggi.

Tabel 1. Data Curah Hujan

Tahun	Data Curah Hujan Maksimum (STA Tompaso Baru – Tumani)
2003	72
2004	117
2005	77
2006	95.10
2007	70.40
2008	72.80
2009	131.50
2010	100
2011	96
2012	84
2013	108
2014	93

**Analisis Curah Hujan Rancangan**

Tabel 2. Analisis Curah Hujan Rancangan

No.	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	(X- $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>	(X- $\bar{X}$ ) <sup>4</sup>
1	72	-21,0667	443,8033	-9349,4803	196962,385
2	117	23,9333	572,8044	13709,1197	328104,932
3	77	-16,0667	258,1378	-4147,4136	66635,1123
4	95,1	2,03333	4,1344	8,4067	17,0936
5	70,4	-22,6667	513,7778	-11645,6296	263967,605
6	72,8	-20,2667	410,7378	-8324,2856	168705,522
7	131,5	38,4333	1477,121	56770,688	2181886,78
8	100	6,9333	48,0711	333,2930	2310,83172
9	96	2,9333	8,6044	25,2397	74,0364642
10	84	-9,0667	82,2044	-745,3203	6757,57069
11	108	14,9333	223,0044	3330,1997	49730,9822
12	93	-0,0667	0,0044	0,0002	0
Jumlah	1116,8	0,0000	4042,407	39964,8171	3265152,85
$\bar{X}$	93,0667				

Tujuan dari analisis frekuensi curah hujan ini adalah untuk memperoleh curah hujan rancangan dengan beberapa perioda ulang menurut beberapa jenis distribusi hujan.

**a. Distribusi Normal**

$$X_{TR} = \bar{X} + (K_T \times S)$$

T	S	K <sub>T</sub>	X <sub>TR</sub> (mm)
2	19,17007	0,0000	93,0667
5	19,17007	0,8410	109,1887
10	19,17007	1,2820	117,6427
20	19,17007	1,6450	124,6014
25	19,17007	1,7510	126,6335
50	19,17007	2,0540	132,4420
100	19,17007	2,3270	137,6754

**b. Distribusi Gumbel**

$$X_{TR} = \bar{X} + (S \times K)$$

T	Y <sub>t</sub>	S	Y <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>	K	X <sub>TR</sub> (mm)
2	0,3665	19,1701	0,4952	0,9496	-0,1355	90,4688
5	1,4999	19,1701	0,4952	0,9496	1,0581	113,3499
10	2,2504	19,1701	0,4952	0,9496	1,8483	128,4991
20	2,9702	19,1701	0,4952	0,9496	2,6064	143,0307
25	3,1985	19,1701	0,4952	0,9496	2,8468	147,6403
50	3,9019	19,1701	0,4952	0,9496	3,5876	161,8403
100	4,6001	19,1701	0,4952	0,9496	4,3228	175,9354

**c. Distribusi Log-normal 2 Parameter**

$$\text{Log } X_{TR} = \bar{\text{Log}}\bar{X} + (K_T \times S_{\text{log}})$$

T	Log X	S <sub>log</sub>	K	Log X <sub>TR</sub>	X <sub>TR</sub>
2	19,606	0,0875	-0,0224	1,9586	90,9177
5	19,606	0,0875	0,8346	2,0337	108,0594
10	19,606	0,0875	1,2953	2,074	118,5738
20	19,606	0,0875	1,6822	2,1079	128,1905
25	19,606	0,0875	1,7561	2,1143	130,1145
50	19,606	0,0875	2,1257	2,1467	140,1762
100	19,606	0,0875	2,4472	2,1748	149,5606

**d. Distribusi Log Pearson Tipe III**

$$\text{Log } X_{TR} = \bar{\text{Log}}\bar{X} + (K_T \times S_{\text{log}})$$

T	C <sub>s</sub>	K <sub>T</sub>	S <sub>log</sub>	Log X <sub>TR</sub>	X <sub>TR</sub>
2	0,2799	-0,0466	0,0875	1,9565	90,475
5	0,2799	0,8252	0,0875	2,0328	107,855
10	0,2799	1,3074	0,0875	2,075	118,8635
20	0,2799	1,7535	0,0875	2,1141	130,0475
25	0,2799	1,8428	0,0875	2,1219	132,4075
50	0,2799	2,2006	0,0875	2,1532	142,3085
100	0,2799	2,5295	0,0875	2,182	152,0647

**Pemilihan Distribusi Dengan Uji Kecocokan**

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekwensi di lakukan uji kecocokan dengan Metode Chi- Kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorov.

**1. Uji Chi-Kuadrat**

$$X^2_{\text{hitung}} = \sum_{i=1}^k \frac{(EF - OF)^2}{EF}$$

**a. Distribusi Normal**

No.	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		(OF - EF) <sup>2</sup>	(OF - EF) <sup>2</sup> / EF
	OF	EF	OF	EF		
1	X < 76,945	3,000	2,400	0,360	0,150	
2	76,945 < X < 88,217	2,000	2,400	0,160	0,067	
3	88,217 < X < 97,917	3,000	2,400	0,360	0,150	
4	97,917 < X < 109,189	2,000	2,400	0,160	0,067	
5	X > 109,189	2,000	2,400	0,160	0,067	
Jumlah			12,000	12,000		<b>0,500</b>

**b. Distribusi Gumbel**

No.	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		(OF - EF) <sup>2</sup>	(OF - EF) <sup>2</sup> / EF
	OF	EF	OF	EF		
1	X < 73,463	3,000	2,400	0,360	0,150	
2	73,463 < X < 84,835	2,000	2,400	0,160	0,067	
3	84,835 < X < 96,630	3,000	2,400	0,360	0,150	
4	96,630 < X < 113,350	2,000	2,400	0,160	0,067	
5	X > 113,350	2,000	2,400	0,160	0,067	
Jumlah			12,000	12,000		<b>0,500</b>

**c. Distribusi Log Normal 2 Parameter**

No.	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		(OF - EF) <sup>2</sup>	(OF - EF) <sup>2</sup> / EF
	OF	EF	OF	EF		
1	X <	76,495	3,000	2,400	0,360	0,150
2	76,495 < X <	85,831	2,000	2,400	0,160	0,067
3	85,831 < X <	96,306	3,000	2,400	0,360	0,150
4	96,306 < X <	108,059	2,000	2,400	0,160	0,067
5	X >	108,059	2,000	2,400	0,160	0,067
Jumlah :			12,000	12,000	1,200	<b>0,500</b>

**d. Distribusi Log Pearson Tipe III**

No.	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		(OF - EF) <sup>2</sup>	(OF - EF) <sup>2</sup> / EF
	OF	EF	OF	EF		
1	X <	76,912	3,000	2,400	0,360	0,150
2	76,912 < X <	85,707	2,000	2,400	0,160	0,067
3	85,707 < X <	95,932	2,000	2,400	0,160	0,067
4	95,932 < X <	107,855	2,000	2,400	0,160	0,067
5	X >	107,855	3,000	2,400	0,360	0,150
Jumlah :			12,000	12,000	1,200	0,500

**Hasil Pengujian Distribusi dengan Parameter Chi-Kuadrat**

No	Metoda Distribusi	Nilai $\chi^2$ hitung	Nilai $\chi^2$ kritis	Keterangan
1.	Distribusi Normal	0,500	5,991	Diterima
2.	Distribusi Gumbel Tipe I	0,500	5,991	Diterima
3.	Distribusi Log-normal Dua Parameter	0,500	5,991	Diterima
4.	Distribusi Log-Pearson Tipe III	0,500	5,991	Diterima

**2. Smirnov Kolmogorov**

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof, sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Uji ini digunakan untuk menguji simpangan/selisih terbesar antara peluang pengamatan (empiris) dengan peluang teoritis.

Untuk melakukan pengujian dengan Uji Smirnov-Kolmogorov, dilakukan pengurutan data terlebih dahulu.

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2007	70,40
2	2003	72,00
3	2008	72,80
4	2005	77,00
5	2012	84,00
6	2014	93,00
7	2006	95,10
8	2011	96,00
9	2010	100,00
10	2013	108,00
11	2004	117,00
12	2009	131,50
Jumlah		1116,80

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk berbagai Distribusi Hujan.

**1. Distribusi Normal**

Tahun	X	K	m	S <sub>n</sub> (X)	P <sub>x</sub> (X)	$\Delta$ [P <sub>x</sub> (X) - S <sub>n</sub> (X)]
2007	70,40	-1,1824	1,00	0,0769	0,0939	0,0170
2003	72,00	-1,09894	2,00	0,1538	0,1231	0,0307
2008	72,80	-1,0572	3,00	0,2308	0,1377	0,0930
2005	77,00	-0,83811	4,00	0,3077	0,2144	0,0933
2012	84,00	-0,47296	5,00	0,3846	0,3423	0,0424
2014	93,00	-0,00348	6,00	0,4615	0,5066	0,0451
2006	95,10	0,10607	7,00	0,5385	0,5450	0,0065
2011	96,00	0,15302	8,00	0,6154	0,7524	0,1370
2010	100,00	0,36167	9,00	0,6923	0,6344	0,0579
2013	108,00	0,77899	10,00	0,7692	0,7805	0,0113
2004	117,00	1,24847	11,00	0,8462	0,8898	0,0437
2009	131,50	2,00486	12,00	0,9231	0,9718	0,0488
$\Delta$ Maks.						<b>0,1370</b>

**2. Distribusi Gumbel**

No.	Tahun	X	m	S <sub>n</sub> (X)	Y <sub>r</sub>	Tr	Pr	P <sub>x</sub> (X)	$\Delta$ [P <sub>x</sub> (X) - S <sub>n</sub> (X)]
1	2007	70,4000	1	0,0769	-0,6276	1,1815	0,8464	0,1536	0,0767
2	2003	72,0000	2	0,1538	-0,5483	1,2154	0,8228	0,1772	0,0234
3	2008	72,8000	3	0,2308	-0,5087	1,2339	0,8105	0,1895	0,0412
4	2005	77,0000	4	0,3077	-0,3007	1,3496	0,7410	0,2590	0,0487
5	2012	84,0000	5	0,3846	0,0461	1,6256	0,6152	0,3848	0,0002
6	2014	93,0000	6	0,4615	0,4919	2,1861	0,4574	0,5426	0,0810
7	2006	95,1000	7	0,5385	0,9959	2,3604	0,4237	0,5763	0,0379
8	2011	96,0000	8	0,6154	0,6405	2,4412	0,4096	0,5904	0,0250
9	2010	100,0000	9	0,6923	0,8386	2,8491	0,3510	0,6490	0,0433
10	2013	108,0000	10	0,7692	1,2349	3,9623	0,2524	0,7476	0,0216
11	2004	117,0000	11	0,8462	1,6808	5,8851	0,1699	0,8301	0,0161
12	2009	131,5000	12	0,9231	2,3990	11,5199	0,0868	0,9132	0,0099
$\Delta$ Maks.									<b>0,0810</b>

**3. Distribusi Log Normal 2 Parameter**

Tahun	X	Log X	K	m	S <sub>n</sub> (X)	P <sub>x</sub> (X)	$\Delta$ [P <sub>x</sub> (X) - S <sub>n</sub> (X)]
2007	70,40	1,8476	-1,2913	1,00	0,0769	0,0558	0,0211
2003	72,00	1,8573	-1,1798	2,00	0,1538	0,0948	0,0590
2008	72,80	1,8621	-1,1250	3,00	0,2308	0,1140	0,1168
2005	77,00	1,8865	-0,8467	4,00	0,3077	0,2114	0,0963
2012	84,00	1,9243	-0,4150	5,00	0,3846	0,3625	0,0221
2014	93,00	1,9685	0,0900	6,00	0,4615	0,5393	0,0778
2006	95,10	1,9782	0,2008	7,00	0,5385	0,5781	0,0397
2011	96,00	1,9823	0,2475	8,00	0,6154	0,5945	0,0209
2010	100,00	2,0000	0,4500	9,00	0,6923	0,6654	0,0269
2013	108,00	2,0334	0,8319	10,00	0,7692	0,7990	0,0298
2004	117,00	2,0682	1,2290	11,00	0,8462	0,8856	0,0395
2009	131,50	2,1189	1,8087	12,00	0,9231	1,0114	0,0884
$\Delta$ Maks.							<b>0,1168</b>

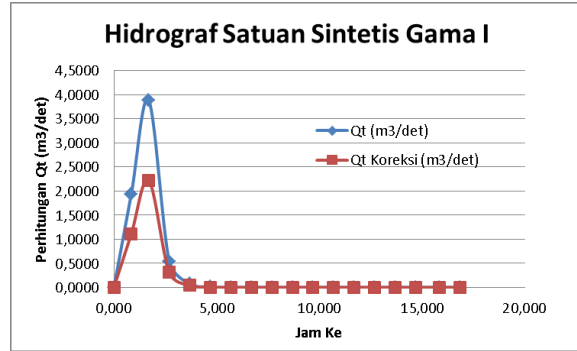
**4. Distribusi Log Pearson Tipe III**

Tahun	X	Log X	G	m	S <sub>n</sub> (X)	Pr	P <sub>x</sub> (X)	$\Delta$ [P <sub>x</sub> (X) - S <sub>n</sub> (X)]
2007	70,40	1,8476	-1,2913	1,0000	0,0769	0,9070	0,0930	0,0161
2003	72,00	1,8573	-1,1798	2,0000	0,1538	0,8828	0,1172	0,0367
2008	72,80	1,8621	-1,1250	3,0000	0,2308	0,8690	0,1310	0,0997
2005	77,00	1,8865	-0,8467	4,0000	0,3077	0,7979	0,2021	0,1056
2012	84,00	1,9243	-0,4150	5,0000	0,3846	0,6372	0,3628	0,0218
2014	93,00	1,9685	0,0900	6,0000	0,4615	0,4530	0,5470	0,0855
2006	95,10	1,9782	0,2008	7,0000	0,5385	0,4149	0,5851	0,0467
2011	96,00	1,9823	0,2475	8,0000	0,6154	0,3988	0,6012	0,0142
2010	100,00	2,0000	0,4500	9,0000	0,6923	0,3291	0,6709	0,0214
2013	108,00	2,0334	0,8319	10,0000	0,7692	0,1986	0,8014	0,0322
2004	117,00	2,0682	1,2290	11,0000	0,8462	0,1163	0,8837	0,0376
2009	131,50	2,1189	1,8087	12,0000	0,9231	0,0438	0,9562	0,0331
$\Delta$ Maks.								<b>0,1056</b>



**Hasil Pengujian Distribusi Dengan Parameter Smirnov Kolmogorof**

No	Metoda Distribusi	Nilai $\Delta_{Maks}$	Nilai $\Delta_{kritis}$	Keterangan
1.	Distribusi Normal	0,1370	0,3750	Diterima
2.	Distribusi Gumbel Tipe I	0,0810	0,3750	Diterima
3.	Distribusi Log-Normal Dua Parameter	0.1168	0,3750	Diterima
4.	Distribusi Log-Pearson Tipe III	0.1056	0,3750	Diterima



**Rekapitulasi Curah Hujan Rancangan Untuk Tiap Jenis Distribusi**

No.	Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rancangan (mm)				
		Distribusi Normal	Distribusi Gumbel Tipe I	Distribusi Log Normal 2 Parameter	Distribusi Log Pearson Tipe III	Maksimum
1	2	93,0667	90,4688	90,9177	90,4750	93,0667
2	5	109,1887	113,3499	108,0594	107,8550	113,3499
3	10	117,6427	128,4991	118,5738	118,8635	128,4991
4	20	124,6014	143,0307	128,1905	130,0475	143,0307
5	25	126,6335	147,6403	130,1145	132,4075	147,6403
6	50	132,4420	161,8403	140,1762	142,3085	161,8403
7	100	137,6754	175,9354	149,5606	152,0647	175,9354

**Mengubah Hujan Harian Menjadi Hujan Jam-Jaman**

	1	2	3	4	5	6	7	8
%	54	22	8	6	3	1	3	3

Curah Hujan rencana harian :

- kala ulang 2 tahun = 93,0667 mm
- kala ulang 5 tahun = 113,3499 mm
- kala ulang 10 tahun = 128,4991 mm
- kala ulang 20 tahun = 143,0307 mm
- kala ulang 25 tahun = 147,6403 mm
- kala ulang 50 tahun = 161,8403 mm
- kala ulang 100 tahun = 175,9354 mm

Untuk mendapatkan hujan jam-jaman berbagai periode ulang maka curah hujan rencana dikalikan dengan persentase pola hujan jam-jaman yang tersedia.

$$\text{Jam ke-n} = R_{t2} \times (\text{persentase pola hujan jam ke-n})$$

**Analisa Debit Banjir Menggunakan Metode HSS**

1. Metode HSS Gama I

$$Q_t = Q_p e^{-t/K}$$

	Jam Ke	Qt (m3/det)	Qt Koreksi (m3/det)
	0,000	0,0000	0,0000
t	0,846	1,9420	1,1128
0	1,692	3,8840	2,2256
1	2,692	0,5446	0,3120
2	3,692	0,0763	0,0438
3	4,692	0,0107	0,0061
4	5,692	0,0015	0,0009
5	6,692	0,0002	0,0001
6	7,692	0,0000	0,0000
7	8,692	0,0000	0,0000
8	9,692	0,0000	0,0000
9	10,692	0,0000	0,0000
10	11,692	0,0000	0,0000
11	12,692	0,0000	0,0000
12	13,692	0,0000	0,0000
13	14,692	0,0000	0,0000
14,169	15,861	0,0000	0,0000
15,169	16,861	0,0000	0,0000
	Volume	23253,6811	13325
	Kedalaman hujan	1,7451	1,0000
	Faktor Koreksi	0,5730	

	1	2	3	4	5	6	7	8
%	54	22	8	6	3	1	3	3
2 tahun	50,256	20,475	7,445	5,584	2,792	0,931	2,792	2,792
5 tahun	61,209	24,937	9,068	6,801	3,401	1,134	3,401	3,401
10 tahun	69,389	28,270	10,280	7,710	3,855	1,285	3,855	3,855
20 tahun	77,236	31,467	11,442	8,582	4,291	1,430	4,291	4,291
25 tahun	79,726	32,481	11,811	8,858	4,429	1,476	4,429	4,429
50 tahun	87,394	35,605	12,947	9,710	4,855	1,618	4,855	4,855
100 tahun	95,005	38,706	14,075	10,556	5,278	1,759	5,278	5,278

**Perhitungan Hujan Efektif**

Jam ke	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>HUJAN EFEKTIF</b>								
2 tahun	39,834	10,053	-2,977	-4,838	-7,63	-9,491	-7,63	-7,63
5 tahun	50,7869	14,515	-1,354	-3,621	-7,0215	-9,2885	-7,0215	-7,0215
10 tahun	58,967	17,8478	-0,1421	-2,7121	-6,567	-9,137	-6,567	-6,567
20 tahun	66,814	21,045	1,02	-1,84	-6,131	-8,992	-6,131	-6,131
25 tahun	69,304	22,059	1,389	-1,564	-5,993	-8,946	-5,993	-5,993
50 tahun	76,972	25,183	2,525	-0,712	-5,567	-8,804	-5,567	-5,567
100 tahun	84,583	28,284	3,653	0,134	-5,144	-8,663	-4,844	-5,144

**Perhitungan Base Flow**

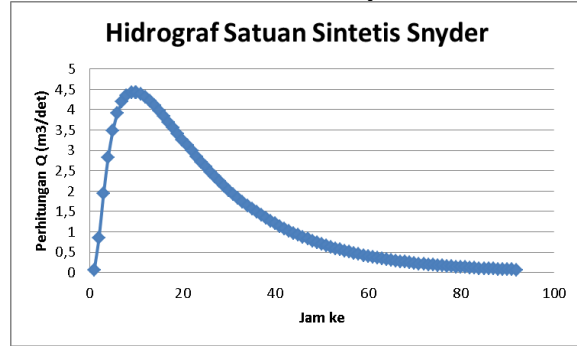
Aliran Dasar (Base Flow) =

$$0,4715 \times 133,25^{0,6444} \times 0,521^{0,943} = 5,965 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel Perhitungan Debit Banjir HSS Gama I Kala Ulang 2 Tahun

No	Jam	Qt (m3/det)	Hujan Efektif		Limpasan Langsung	Base Flow (m3/det)	Debit Total (m3/det)
			39,83402	10,05267			
			1	2			
1	0,000	0,0000			0	5,965	5,9650
2	0,846	1,1128		0	0	5,965	5,9650
3	1,692	2,2256	44,32807		0	44,32807	50,2931
4	2,692	0,3120	88,65615	11,18681	99,84296	5,965	105,8080
5	3,692	0,0438	12,43003	22,37361	34,80365	5,965	40,7686
6	4,692	0,0061	1,742753	3,136893	4,879646	5,965	10,8446
7	5,692	0,0009	0,244343	0,439808	0,684151	5,965	6,6492
8	6,692	0,0001	0,034258	0,061663	0,095921	5,965	6,0609
9	7,692	0,0000	0,004803	0,008645	0,013449	5,965	5,9784
10	8,692	0,0000	0,000673	0,001212	0,001886	5,965	5,9669
11	9,692	0,0000	9,44E-05	0,00017	0,000264	5,965	5,9653
12	10,692	0,0000	1,32E-05	2,38E-05	3,71E-05	5,965	5,9650
13	11,692	0,0000	1,86E-06	3,34E-06	5,2E-06	5,965	5,9650
14	12,692	0,0000	2,6E-07	4,68E-07	7,29E-07	5,965	5,9650
15	13,692	0,0000	3,65E-08	6,57E-08	1,02E-07	5,965	5,9650
16	14,692	0,0000	5,12E-09	9,21E-09	1,43E-08	5,965	5,9650
17	15,861	0,0000	7,17E-10	1,29E-09	2,01E-09	5,965	5,9650
18	16,861	0,0000	7,21E-11	1,81E-10	2,53E-10	5,965	5,9650
19			1,01E-11	1,82E-11	2,83E-11	5,965	5,9650
20			2,55E-12	2,55E-12	2,55E-12	5,965	5,9650

Grafik HSS Snyder



Tabel Perhitungan Debit Banjir HSS Snyder Kala Ulang 2 Tahun

No	Jam ke	Q	Hujan Efektif		Hidrograf Limpasan Langsung	Base Flow	Hidrograf Debit Banjir
			39,834	10,053			
			1	2			
1	0	0	0	0	0	5,965	5,965
2	1	0,065668	0	0	0	5,965	5,965
3	2	0,854619	2,615819	0	2,615819	5,965	8,580819
4	3	1,93565	34,04289	0,66016	34,70305	5,965	40,66805
5	4	2,83165	77,10468	8,591485	85,69617	5,965	91,66117
6	5	3,47789	112,7959	19,45909	132,255	5,965	138,22
7	6	3,914028	138,5383	28,46658	167,0048	5,965	172,9698
8	7	4,190209	155,9114	34,96323	190,8746	5,965	196,8396
9	8	4,347979	166,9128	39,34772	206,2605	5,965	212,2255
10	9	4,418747	173,1974	42,12417	215,3216	5,965	221,2866
11	9,88672	4,42754	176,0164	43,71023	219,7266	5,965	225,6916
12	10	4,425754	176,3666	44,42166	220,7883	5,965	226,7533
13	11	4,385956	176,2955	44,51006	220,8055	5,965	226,7705
14	12	4,312151	174,7102	44,4921	219,2023	5,965	225,1673
15	13	4,213749	171,7702	44,09202	215,8622	5,965	221,8272
16	14	4,09786	167,8505	43,35005	211,2005	5,965	217,1655
17	15	3,969873	163,2342	42,36082	205,595	5,965	211,56
18	16	3,833895	158,1359	41,19579	199,3317	5,965	205,2967
19	17	3,693065	152,7194	39,90913	192,6285	5,965	198,5935
20	18	3,549795	147,1096	38,54215	185,6517	5,965	191,6167
21	19	3,40593	141,4025	37,12638	178,5289	5,965	184,4939
22	20	3,262889	135,6718	35,68609	171,3579	5,965	177,3229
23	30	2,019692	129,9739	34,23981	164,2137	5,965	170,1787
24	40	1,196696	80,45241	32,80182	113,2542	5,965	119,2192
25	50	0,696769	47,66919	20,30396	67,97315	5,965	73,93815
26	60	0,402159	27,7551	12,03038	39,78548	5,965	45,75048
27	70	0,23096	16,0196	7,004619	23,02422	5,965	28,98922
28	80	0,132227	9,200061	4,042904	13,24297	5,965	19,20797
29	90	0,075544	5,26713	2,321841	7,588971	5,965	13,55397
30	91	0,071424	3,00922	1,329278	4,338498	5,965	10,3035
31	92	0,067529	2,845104	0,759444	3,604547	5,965	9,569547
32			2,68995	0,718025	3,407976	5,965	9,372976
33				0,678869	0,678869	5,965	6,643869

**2. Metode Snyder**

$$Q_p = \frac{q_p \times A}{1000}$$

Menentukan nilai Ct dan Cp

Ct = 0,75 – 3,00

Cp = 0,90 – 1,40

Diambil :

Ct = 2,25

Cp = 1,15

Tabel Perhitungan HSS Snyder

t	x	λ	λ ^2	a	a(1-x)^2/x	y	Q
1	0,103976	0,328646	0,108008	0,236867	1,82898974	0,014826	0,065668
2	0,2079521	0,328646	0,108008	0,236867	0,71457026	0,192943	0,854619
3	0,3119281	0,328646	0,108008	0,236867	0,35951613	0,437002	1,93565
4	0,4159042	0,328646	0,108008	0,236867	0,19430333	0,639288	2,83165
5	0,5198802	0,328646	0,108008	0,236867	0,10502706	0,785187	3,47789
6	0,6238563	0,328646	0,108008	0,236867	0,05371906	0,883651	3,914028
7	0,7278323	0,328646	0,108008	0,236867	0,02410722	0,946004	4,190209
8	0,8318084	0,328646	0,108008	0,236867	0,00805547	0,981623	4,347979
9	0,9357844	0,328646	0,108008	0,236867	0,00104378	0,997599	4,418747
9,88672	1,027982	0,328646	0,108008	0,236867	0,00018042	0,999585	4,42754
10	1,0397604	0,328646	0,108008	0,236867	0,00036014	0,999171	4,425708
11	1,1437365	0,328646	0,108008	0,236867	0,00427872	0,990196	4,385956
12	1,2477125	0,328646	0,108008	0,236867	0,01164895	0,973534	4,312151
13	1,3516886	0,328646	0,108008	0,236867	0,02167431	0,951318	4,213749
14	1,4556646	0,328646	0,108008	0,236867	0,03378583	0,925154	4,09786
15	1,5596407	0,328646	0,108008	0,236867	0,04756629	0,896259	3,969873
16	1,6636167	0,328646	0,108008	0,236867	0,06270276	0,86556	3,833895
17	1,7675927	0,328646	0,108008	0,236867	0,07895594	0,833766	3,693065
18	1,8715688	0,328646	0,108008	0,236867	0,09613972	0,80142	3,549795
19	1,9755448	0,328646	0,108008	0,236867	0,11410716	0,768941	3,40593
20	2,0795209	0,328646	0,108008	0,236867	0,13274071	0,736647	3,262889
30	3,1192813	0,328646	0,108008	0,236867	0,3410578	0,455976	2,019692
40	4,1590418	0,328646	0,108008	0,236867	0,56835903	0,270172	1,196696
50	5,1988022	0,328646	0,108008	0,236867	0,80325392	0,157306	0,696769
60	6,2385626	0,328646	0,108008	0,236867	1,04194563	0,090793	0,402159
70	7,2783231	0,328646	0,108008	0,236867	1,28280696	0,052143	0,23096
80	8,3180835	0,328646	0,108008	0,236867	1,52502429	0,029852	0,132227
90	9,357844	0,328646	0,108008	0,236867	1,76814563	0,017055	0,075544
91	9,46182	0,328646	0,108008	0,236867	1,79249602	0,016125	0,071424
92	9,565796	0,328646	0,108008	0,236867	1,81685244	0,015246	0,067529

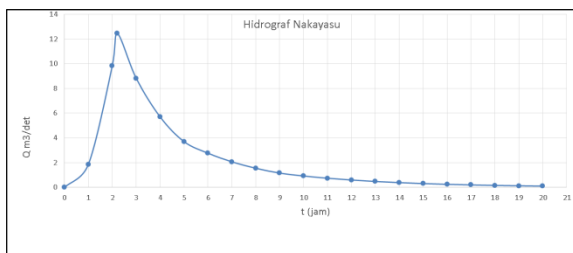
**3. HSS Nakayasu**

$$Q_p = \frac{A \times R_e}{3.6(0.3 T_p + T_0.3)}$$

Tabel HSS Nakayasu

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /det)	ket.
0	0	Qa
1	1,861720933	Qa
2	9,826221997	Qa
2,2083	12,4639	Qa
3	8,824478688	Qd1
4	5,705158182	Qd1
5	3,70529353	Qd2
6	2,770395071	Qd2
7	2,071384841	Qd2
8	1,548744872	Qd2
9	1,157974429	Qd2
10	0,923714283	Qd3
11	0,742723174	Qd3
12	0,597195175	Qd3
13	0,480181702	Qd3
14	0,386095662	Qd3
15	0,310444692	Qd3
16	0,249616652	Qd3
17	0,200707162	Qd3
18	0,161380919	Qd3
19	0,129760199	Qd3
20	0,104335191	Qd3
21	0,08389192	Qd3
22	0,06745427	Qd3
23	0,054237388	Qd3
24	0,0436102	Qd3
25	0,035065287	Qd3

Grafik HSS Nakayasu



Tabel Perhitungan Debit Banjir HSS Snyder Kala Ulang 2 Tahun

No	Jam	Q	Superposisi								Qb	Q Total		
			50,26	20,47	7,45	5,58	2,79	0,93	2,79	2,79				
			jam 1	jam 2	jam 3	jam 4	jam 5	jam 6	jam 7	jam 8				
1	0	0,000											0,00	0,00
2	1	1,862											0,00	0,000
3	2	9,826	0,000										0,00	9,826
4	2,2083	12,464	493,827	38,118	0,000								0,00	531,949
5	3	8,824	626,386	201,189	13,861	0,000							0,00	841,4358
6	4	5,705	443,483	255,194	73,160	10,396	0,000						0,00	842,2328
7	5	3,705	286,719	180,678	92,798	54,870	5,198	0,000					0,00	620,2623
8	6	2,770	186,213	116,811	65,701	69,598	27,435	1,733	0,000				0,00	467,4917
9	7	2,071	139,229	75,865	42,477	49,276	34,799	9,145	5,198	0,000	0,000		0,00	355,9885
10	8	1,549	104,100	56,723	27,587	31,858	24,638	11,600	27,435	5,198	0,000		0,00	289,1377
11	9	1,158	77,834	42,411	20,627	20,690	15,929	8,213	34,799	27,435	0,000		0,00	247,9371
12	10	0,924	58,195	31,710	15,422	15,470	10,345	5,210	24,638	34,799	0,000		0,00	195,8892
13	11	0,743	46,422	23,709	11,531	11,567	7,735	3,448	15,929	24,638	0,000		0,00	144,9790
14	12	0,597	37,326	18,913	8,622	8,648	5,783	2,578	10,345	15,929	0,000		0,00	108,1444
15	13	0,480	30,013	15,207	6,877	6,466	4,324	1,928	7,735	10,345	0,000		0,00	82,8952
16	14	0,386	24,132	12,227	5,530	5,158	3,233	1,441	5,783	7,735	0,000		0,00	65,2390
17	15	0,310	19,404	9,832	4,446	4,147	2,579	1,078	4,324	5,783	0,000		0,00	51,5930
18	16	0,250	15,602	7,905	3,575	3,335	2,074	0,860	3,233	4,324	0,000		0,00	40,9073
19	17	0,201	12,545	6,356	2,875	2,681	1,667	0,691	2,579	3,233	0,000		0,00	32,6276
20	18	0,161	10,087	5,111	2,311	2,156	1,341	0,556	2,074	2,579	0,000		0,00	26,2140
21	19	0,130	8,110	4,109	1,858	1,734	1,078	0,447	1,667	2,074	0,000		0,00	21,0777
22	20	0,104	6,521	3,304	1,494	1,394	0,867	0,359	1,341	1,667	0,000		0,00	16,9478
23	21	0,084	5,243	2,657	1,202	1,121	0,697	0,289	1,078	1,341	0,000		0,00	13,6271
24	22	0,067	4,216	2,136	0,966	0,901	0,560	0,232	0,867	1,078	0,000		0,00	10,9570
25	23	0,054	3,390	1,718	0,777	0,725	0,451	0,187	0,697	0,867	0,000		0,00	8,8101
26	24	0,044	2,726	1,381	0,625	0,583	0,362	0,150	0,560	0,697	0,000		0,00	7,0839
27	25	0,035	2,192	1,110	0,502	0,468	0,291	0,121	0,451	0,560	0,000		0,00	5,6959
28	26	0,000	1,762	0,893	0,404	0,377	0,234	0,097	0,362	0,451	0,000		0,00	4,5798
29	27	0,000	0,000	0,718	0,325	0,303	0,188	0,078	0,291	0,362	0,000		0,00	2,2655
30	28	0,000	0,000	0,000	0,361	0,244	0,151	0,063	0,234	0,291	0,000		0,00	1,2443
31	29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,195	0,122	0,050	0,188	0,234	0,000		0,00	0,7906
32	30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,098	0,041	0,015	0,188	0,234	0,000		0,00	0,4783
33	31	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,012	0,015	0,188	0,234	0,000		0,00	0,3058
34	32	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,188	0,234	0,000		0,00	0,2197
35	33	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,098	0,188	0,000		0,00	0,0979
36	34	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,098	0,000		0,00	0,0000

4. Metode Weduwen

Untuk menghitung debit puncak dengan metode Weduwen, ditetapkan dulu nilai tc perkiraan, dan akan dicocokkan kembali dengan nilai tc perhitungan.

tc perkiraan = 3,25 jam  
 luas = 133,25 km<sup>2</sup>  
 Panjang sungai utama (s) = 16,9 km  
 Kemiringan sungai = 0,065

Tabel Perhitungan Debit Metode Weduwen

Periode ulang (Tr)	Debit puncak (m <sup>3</sup> /det)
2	365.0107
5	444.5621
10	503.9777
20	560.9711
25	579.0501
50	634.7430
100	690.0245

5. Metode Haspers

Luas DAS = 133,25 km<sup>2</sup>  
 Panjang sungai utama = 16,9 km  
 Kemiringan rata-rata dasar sungai = 0,065

Tabel Perhitungan Debit Haspers

Periode Ulang (Tr)	Debit Puncak (m <sup>3</sup> /det)
2	311,025
5	378,810
10	429,438
20	478,002
25	493,407
50	540,863
100	587,968

6. Metode Melchior

Luas Das = 133,25 km  
 Panjang sungai utama = 16,9 km  
 Kemiringan rata-rata dasar sungai = 0,065

Tabel Perhitungan Debit Melchior

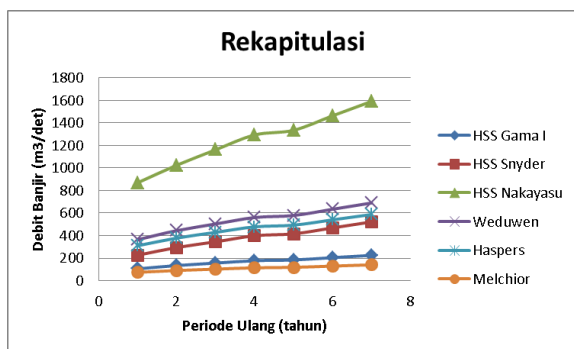
Periode Ulang (Tr)	Debit Puncak (m <sup>3</sup> /det)
2	74.96485458
5	91.30289105
10	103.5055111
20	115.2106567
25	118.9236711
50	130.3617143
100	141.715261



### Rekapitulasi Debit Banjir Dengan Menggunakan Beberapa Metode

Tabel Hasil Perhitungan Debit Banjir Dengan Menggunakan Beberapa Metode

	HSS Gama I	HSS Snyder	HSS Nakayasu	Weduwen	Haspers	Melchior
2 tahun	102,559	313,704	869,633	365,011	311,025	74,9648
5 tahun	131,237	353,714	1024,82	444,562	378,81	91,303
10 tahun	152,656	415,027	1161,79	503,978	429,438	103,506
20 tahun	173,202	479,227	1293,17	560,971	478,002	115,21
25 tahun	179,72	499,836	1334,85	579,05	493,407	118,923
50 tahun	199,797	563,305	1463,23	634,743	540,863	130,361
100 tahun	219,725	626,988	1590,67	690,025	587,968	141,715



Grafik Hasil Perhitungan Debit Banjir Dengan Menggunakan Beberapa Metode

### Pembahasan Dari Hasil Perhitungan Dengan Menggunakan Beberapa metode

Hasil perhitungan debit banjir dengan menggunakan beberapa metode (Tabel 4.63 Dan Gambar 4.4) menunjukkan bahwa :

- Dari hasil perhitungan dengan menggunakan 3 metode Hidrograf Satuan Sintetis(HSS) :
  - Hasil perhitungan 3 metode HSS, terlihat Gama I memiliki hasil perhitungan yang paling kecil dari ke-3 metode HSS yang ada. HSS Snyder memiliki hasil perhitungan kurang lebih tiga kali dari HSS Gama I dan HSS Nakayasu jauh melebihi HSS Gama I dan HSS Snyder yaitu hampir kira-kira sembilan kali metode HSS Gama I dan hampir kira-kira tiga kali metode HSS Snyder. Hal ini menunjukkan hasil perhitungan 3 metode tersebut sangat jauh berbeda sehingga sangat sulit dalam pemilihan/penetapan metode yang akan digunakan. Jika keadaan sebenarnya mendekati salah satu metode maka dua metode lainnya sangat bias.
  - Pemilihan/penetapan metode yang tepat dari ketiga metode HSS tersebut

seyogianya dilakukan melalui proses kalibrasi. Proses kalibrasi dapat dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan debit aliran sungai dari ketiga metode tersebut terhadap data debit aliran sungai yang diukur dengan menggunakan AWLR yang pada sungai ini tidak tersedia.

- Dari hasil perhitungan dengan menggunakan 3 metode pengembangan metode rasional :
  - Dari perhitungan yang didapat, metode Melchior memiliki hasil perhitungan yang paling rendah dan metode Weduwen sedikit di atas dari metode Haspers. Dari perhitungan yang didapat, metode Haspers memiliki hasil perhitungan kurang lebih empat kali dari perhitungan metode Melchior. Meskipun metode Weduwen dan metode Haspers terlihat tidak jauh berbeda tetapi secara prinsip seharusnya metode Melchior yang lebih tepat karena luas cathment adalah 133,25 km<sup>2</sup>, dimana secara teori metode Melchior adalah metode yang paling tepat digunakan untuk luas cathment diatas 100 km<sup>2</sup>.
- Dari hasil perhitungan dengan menggunakan 6 metode :
  - Dari hasil perhitungan yang didapat, 6 metode yang ada memiliki hasil yang konsisten untuk kenaikan debit dari kala ulang 2 tahun dengan kala ulang 100 tahun dan hasil perhitungan dari kala ulang 100 tahun kurang lebih dua kali dari hasil perhitungan kala ulang 2 tahun.
  - Hasil perhitungan dengan menggunakan metode HSS Snyder, Weduwen dan Haspers terlihat memiliki hasil perhitungan yang hampir sama, dengan perbedaan maksimum kurang lebih 20% untuk kala ulang 2 tahun, dan perbedaan ini makin mengecil untuk periode ulang yang makin besar. Perbedaan maksimum dari ketiga metode tersebut untuk kala ulang 100 tahun adalah kurang dari 20%.
  - Hasil perhitungan metode Melchior sangat jauh berbeda dengan hasil perhitungan 5 metode lainnya, karena hasil perhitungan metode Melchior sangat kecil.
  - Hasil perhitungan yang ada, metode Nakayasu mempunyai hasil yang terlalu besar dari kelima metode yang ada, sehingga metode Nakayasu sebaiknya tidak digunakan untuk sungai ini.
  - Dari hasil perhitungan yang didapat, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar,

maka hasil perhitungan dapat dibedakan dalam 3 kelompok :

- a. Ekstrim tinggi = HSS Nakayasu
  - b. Moderat = HSS Snyder, metode Weduwen, metode Haspers
  - c. Ekstrim rendah = HSS Gama I, Metode Melchior
- Gambar juga menunjukkan bahwa adanya kesamaan dalam pola peningkatan debit meskipun memiliki hasil yang tidak sama.
  - Adanya kesamaan hasil perhitungan antara metode Snyder, Weduwen dan Haspers dan hasil perhitungan ketiga metode tersebut moderat (tidak ekstrim) memberi kesan bahwa hasil perhitungan yang sesuai dengan kondisi di lapangan adalah salah satu dari ketiga metode tersebut.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dibuat, maka kesimpulannya adalah sebagai berikut :

1. Dapat dilihat bahwa dari keenam metode yang ada memberikan hasil yang berbeda-beda, tetapi memberikan pola peningkatan debit yang hampir sama. Bila keenam metode ini dibandingkan, maka dapat disimpulkan bahwa debit banjir rencana metode HSS

Snyder, metode Weduwen, metode Haspers memiliki hasil perhitungan yang hampir sama.

2. Dari hasil perhitungan 3 metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS), terlihat HSS Gama I memiliki hasil perhitungan yang paling kecil dan HSS Nakayasu memiliki hasil perhitungan yang jauh melebihi HSS Gama I dan HSS Snyder.
3. Dari hasil perhitungan yang ada, maka hasil perhitungan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu HSS Nakayasu (ekstrim tinggi), HSS Snyder, Metode Weduwen dan Metode Haspers (moderat), HSS Gama I dan Metode Melchior (ekstrim rendah), maka sebaiknya metode HSS Nakayasu, HSS Gama I dan Metode Melchior tidak digunakan untuk sungai ini karena memiliki nilai yang terlalu besar dan terlalu kecil. Untuk itu direkomendasikan untuk menggunakan hasil perhitungan HSS Snyder.

### Saran

Berdasarkan kesimpulan yang ada, maka saran yang didapat dari penulisan ini adalah perlu adanya pemasangan AWLR, supaya dapat membandingkan hasil perhitungan yang ada agar dapat menentukan metode yang paling cocok dari keenam metode yang telah dihitung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset. Yogyakarta.
- Chay Asdak, 1995. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press.
- Haniedo P. Salem, 2016. *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Di Kota Manado dan Sekitarnya*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Imam Subarkah, 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Dharma Bandung.
- Montarich Limantara, 2010. *Hidrologi Praktis*. CV. Lubuk Agung. Bandung.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*.
- Soemarto, 1999. *Hidrologi Teknik*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Sri Harto, 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Suripin, 2003. *Sistem Drainasi Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi. Yogyakarta

