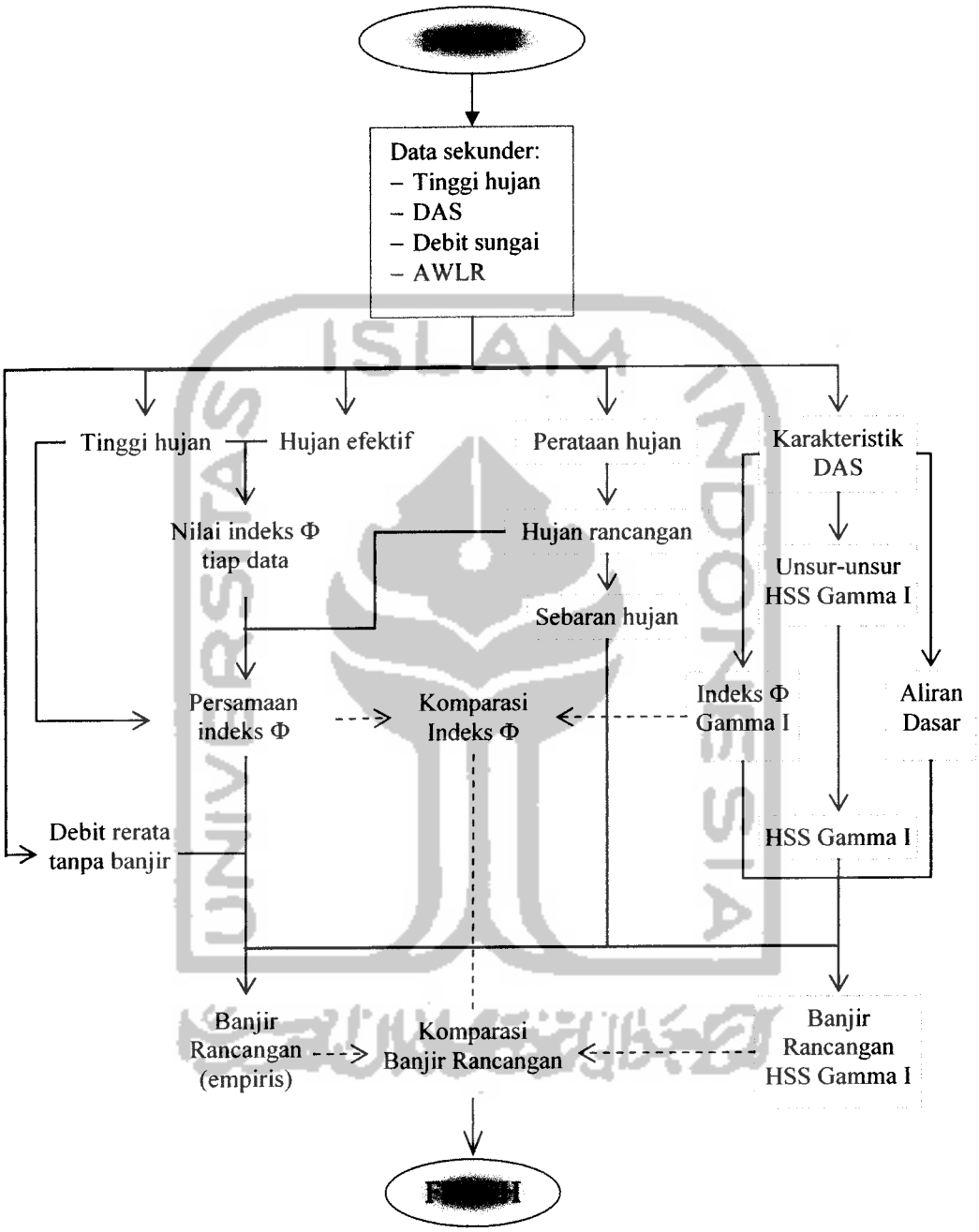
BAB III
PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 LOKASI

Penelitian tentang komparasi antara persamaan indeks Φ menurut hasil penelitian Sri Harto BR (1985) dengan persamaan indeks Φ atas dasar fungsi tinggi hujan dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan lebih spesifik pada DAS Sungai Code terukur di stasiun hidrometri Pogung. Sungai Code merupakan salah satu sungai besar yang melintas dalam kota Yogyakarta selain dua sungai besar yang lain yaitu Winongo dan Gajahwong. Sungai Code terukur pada hilir sungai di bendung Pogung memiliki total luas daerah aliran sungai sebesar 28,1914 km^2 sepanjang kurang lebih 27 km mengalir melewati kabupaten Sleman. Berawal dari lereng gunung merapi dan bermuara di sungai Opak untuk selanjutnya diteruskan ke Samudra Indonesia.

3.2 CARA PENELITIAN

Untuk metode/cara yang digunakan dalam penelitian adalah *analytic-comparative*, yaitu dilakukan pengolahan data statistik dalam perhitungan nilai indeks Φ, kemudian dilakukan analisis besaran debit maksimum dengan teknik hidrograf satuan. Hasil analisis dikomparasikan antara debit maksimum baik dengan indeks Φ hasil penelitian HSS Gamma I maupun debit maksimum dengan indeks Φ atas dasar fungsi tinggi hujan. Alur penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan *flow chart* pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Keterangan:
- ——▶ alur perhitungan
- - - -▶ hubungan komparasi
- - - - - - hubungan pengamatan

Gambar 3.1 *Flow Chart* Perhitngan Dalam Kegiatan Penelitian

3.3 PENGUMPULAN DATA

Secara umum jenis data yang akan dikumpulkan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder adalah segala informasi yang diperoleh dari pihak lain yang berkompeten, tidak diperoleh langsung dari lapangan. Data sekunder dapat berupa catatan, hasil pengukuran, hasil analisis yang diperoleh oleh suatu instansi atau tim studi, buku-buku laporan proyek dan peraturan kebijaksanaan daerah. Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung yang meliputi hasil pengamatan, pencatatan, pengukuran dan wawancara langsung pada sumber–sumber yang relevan, melalui survei lapangan. Berikut disampaikan daftar data sekunder yang diperlukan beserta tempat/instansi sumber data tersebut diperoleh, seperti dijabarkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Sekunder

No	Data Sekunder	Sumber Data	Keterangan
1	Peta Topografi (Rupa Bumi)	Pusat Pelayanan Informasi Kebumian UGM	Peta DIY dengan skala 1 : 25.000
2	Data curah hujan	Balai PSDA wilayah sungai Progo - Opak - Oyo DIY	Stasiun hujan untuk tahun 1991 - 2005
3	Tabel debit sungai	Balai PSDA wilayah sungai Progo - Opak - Oyo DIY	Tahun 2003
4	Data AWLR di stasiun Pogung	Balai PSDA wilayah sungai Progo - Opak - Oyo DIY	Stasiun Debit untuk tahun 2003 - 2005

Data hujan memuat catatan tinggi hujan dari stasiun hujan. Data hujan dapat berasal dari stasiun hujan otomatis maupun manual. Data hujan dari stasiun otomatis menginformasikan catatan hujan setiap waktu (*kontinyu*), data ini digunakan untuk analisis distribusi jam–jaman. Data hujan diambil dari stasiun hujan di DAS Code terukur di Pogung, di bawah pengelolaan Balai PSDA Wilayah Sungai Progo-Opak-Oya (POO), yaitu stasiun hujan: Kemput, Angin-angin, Prumpung dan Beran dengan durasi 15 tahun dari tahun 1991 sampai dengan tahun 2005.

Data AWLR di stasiun Pogung memuat catatan tinggi muka air sungai di stasiun hidrometri Pogung. Sedangkan tabel debit sungai terukur di stasiun Pogung adalah nilai debit sungai yang dipengaruhi oleh tinggi muka air sungai yang terjadi di stasiun hidrometri Pogung. Nilai dari data debit terukur dan tinggi hujan rerata akan digunakan dalam analisis nilai Φ tiap data yang ditinjau guna menemukan persamaan indeks Φ yang dipengaruhi atas fungsi tinggi hujan.

3.4 PERSIAPAN DATA

Data sekunder yang terkumpul sebelum di analisis, dicek terlebih dahulu. Setelah dicek, data yang perlu diolah dikelompokan sesuai dengan bagan alir perhitungan dalam penelitian. Dari data hujan yang ada dapat diketahui tinggi hujan pada titik yang ditinjau. Analisis selanjutnya diarahkan untuk memperkirakan besarnya debit rancangan dengan kala ulang tertentu. Ketersediaan data yang baik merupakan syarat yang mutlak jika akan dilakukan analisis hidrologi (hujan dan banjir rencana). Kualitas data yang baik dan kuantitas data yang mencukupi didukung dengan tahapan analisis yang benar akan menghasilkan kualitas rancangan yang valid juga. Untuk menganalisis banjir rancangan, dibutuhkan data debit terukur ataupun data hujan maksimum.

3.4.1 Hujan Rerata DAS

Data hujan di tiap stasiun merupakan data hujan setempat. Akan tetapi, dalam analisis umumnya yang diinginkan adalah data hujan rerata DAS (*catchment rainfall*). Untuk menghitung besaran ini dapat ditempuh dengan beberapa cara, dalam penelitian ini digunakan cara Poligon Thiessen. Poligon Thiessen adalah salah satu cara yang banyak digunakan dan memberikan hasil yang cukup baik. Cara ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan, dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu, dan luas tersebut merupakan faktor koreksi bagi hujan di stasiun yang bersangkutan.

Cara Poligon Thiessen menganggap bahwa data hujan suatu tempat pengamatan dapat dipakai untuk suatu luasan daerah pengaruh. Maka curah hujan rerata bagi seluruh daerahnya adalah jumlah dari perkalian hasil pengamatan tiap tempat pengukuran dengan persentase luasnya. Untuk hitungan luas poligon diperlukan peta batas DAS, kemudian letak stasiun–stasiun hujan diplotkan pada peta tersebut. Untuk hasil dari penggambaran menggunakan metode Poligon Thiessen dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.4.2 Hujan Harian Rerata Maksimum Tahunan

Sebelum mendapatkan nilai hujan harian maksimum tahunan, dilakukan perhitungan dengan mencari nilai rerata daerah setiap bulannya. Setelah didapatkan nilai rerata daerah setiap bulannya, maka dicari maksimumnya dalam setiap bulan, selanjutnya dari maksimum setiap bulan dalam tahun tersebut dicari maksimumnya untuk mendapatkan nilai hujan harian rerata maksimum tahunan. Berikut nilai dari hujan harian maksimum tahunan dari tahun 1991–2005 yang disajikan pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Hujan Harian Rerata Maksimum Tahunan

Tahun	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
R_{24}max (mm)	97	85	68	71	95	73	110	86	71	140	48	24	75	89	116

Sumber : Hasil pengolahan data

3.4.3 Karakteristik DAS Code Terukur Di Pogung

Dari pengukuran peta rupa bumi (topografi) diperoleh besaran–besaran karakteristik DAS yang disajikan pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 Karakteristik DAS Code Terukur Di Pogung

No	Parameter	Simbol	Nilai	Dimensi
1	Luas DAS	A	28.1914	km^2
2	Panjang sungai utama	L	27	km
3	Panjang sungai tingkat satu		27	km
4	Panjang sungai semua tingkat		91.25	km
5	Pangsa sungai tingkat satu		27	
6	Pangsa sungai semua tingkat		34	
7	Jumlah pertemuan sungai	JN	26	
8	Lebar DAS pada jarak 0.25L	WL	1.2596	km
9	Lebar DAS pada jarak 0.75L	WU	1.1435	km
10	Luas area bagian hulu	AU	13.0525	km^2
11	Slope	S	0.0433	km/km
12	Faktor sumber	SF	0.2959	
13	Frekuensi sumber	SN	0.7941	
14	Faktor lebar	WF	0.9079	
15	Luas relatif DAS sebelah hulu	RUA	0.4630	
16	Faktor simetri	SIM	0.4203	
17	Kerapatan jaringan kuras	D	1.2060	km/km^2

Sumber : Hasil pengolahan data

3.4.4 Debit Rerata Tanpa Banjir

Debit rerata tanpa banjir adalah aliran dasar yang terukur di stasiun Pogung. Nilai debit rerata tanpa banjir didapatkan dari pengamatan data AWLR terukur di Pogung yang nilainya tidak berpengaruh terhadap terjadinya banjir, kemudian diambil nilai TMA 80 % dari selisih antara nilai terendah dengan nilai tertinggi dari data yang ditinjau. Nilai TMA 80 % tersebut dikorelasikan pada tabel debit sungai terukur di Pogung (Lampiran 3) sehingga didapatkan nilai debit yang dinyatakan sebagai aliran dasar terukur di Pogung. Data AWLR yang ditinjau adalah tinggi muka air yang terukur di stasiun Pogung dari tahun 2004

sampai dengan tahun 2005. TMA dari pengamatan grafik AWLR disajikan dalam Tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4. Nilai TMA Sebagai Debit Rerata Tanpa Banjir

Bulan	**TMA debit rerata tanpa banjir (m)**	
	Tahun 2004	**Tahun 2005**
Januari	0.1060	0.3070
Februari	0.0600	0.4633
Maret	0.0767	0.6182
April	0.0600	0.7500
Mei	0.0800	0.7000
Juni	0.0717	0.6833
Juli	0.0817	0.6529
Agustus	0.0900	0.6725
September	0.0750	0.6670
Oktober	0.0900	0.6760
November	0.0967	0.6770
Desember	0.1343	0.7413
TMA 80%	0.56	

Sumber : Hasil pengolahan data

Dari hasil pengolahan data didapatkan nilai TMA 80% dari selisih nilai terendah dengan nilai tertinggi adalah 0.56 meter, sehingga setelah dikorelasikan dengan tabel debit sungai (Lampiran 3) didapatkan nilai debit rerata tanpa banjir sebesar 3 m^3/s.

3.4.5 Hujan Efektif Terukur

Hujan efektif ditentukan dari hyetograf hujan dengan menganggap bahwa data aliran sungai sesuai dengan data hujannya. Dengan demikian aliran dasar dapat dipisahkan dari aliran sungai untuk menghasilkan hidrograf aliran langsung, dan selanjutnya hidrograf hujan efektif dapat diperoleh. Dalam penelitian ini,

diambil 25 data hujan dengan satu puncak yang terjadi dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2005. Nilai hujan efektif yang didapat tiap data nantinya akan digunakan dalam analisis untuk menentukan nilai indeks Φ yang terjadi tiap data yang ditinjau. Hujan efektif terukur untuk data 1 sampai data 25 disajikan dalam Tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5 Hujan Efektif Terukur

Data	1	2	3	4	5	6	7	8	9
He (mm)	0.28	0.01	0.04	0.25	0.38	0.21	0.03	0.03	0.10
Data	10	11	12	13	14	15	16	17	18
He (mm)	1.03	0.35	0.11	0.24	1.21	0.53	3.23	0.13	0.83
Data	19	20	21	22	23	24	25		
He (mm)	2.18	0.25	0.64	0.73	1.17	1.03	0.66		

Sumber : Hasil pengolahan data

3.4.6 Tinggi Hujan Terukur

Dalam penelitian ini, untuk menentukan hujan rerata DAS digunakan cara Poligon Thiessen. Nilai tinggi hujan terukur yang didapat tiap data nantinya akan digunakan dalam analisis untuk menentukan nilai indeks Φ yang terjadi tiap data yang ditinjau. Pengambilan data tinggi hujan terukur harus disesuaikan dengan data hujan efektif terukur. Tinggi hujan terukur untuk data 1 sampai data 25 disajikan dalam Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.6 Tinggi Hujan Terukur

Data	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΣP (mm)	2.3	1.94	4.25	2.16	1.85	1.26	1.76	3.04	1.65
Data	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ΣP (mm)	4.44	1.63	0.42	0.37	2.43	4.79	4.11	3.44	3.04
Data	19	20	21	22	23	24	25		
ΣP (mm)	9.11	0.47	4.34	0.93	4.62	12.12	0.66		

Sumber : Hasil pengolahan data

3.5 ANALISIS DATA

Analisis data yang perlu dilakukan dalam penelitian untuk mengetahui kesesuaian nilai indeks Φ antara analisis banjir rancangan cara HSS Gamma I dengan nilai terukur adalah sebagai berikut:

1. Hujan Rancangan dan Sebaran Hujan
2. Hidrograf Satuan Sintetik Gama I
3. Persamaan Indeks Φ yang dipengaruhi tinggi hujan terukur
4. Banjir Rancangan (Cara HSS Gamma I dan nilai terukur)

3.5.1 Hujan Rancangan

Hujan rancangan untuk keperluan analisis banjir rancangan ditentukan berdasarkan metode analisis frekuensi. Berikut hasil hitungan analisis frekuensi hujan seperti yang tersaji pada Tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3.7 Analisis Frekuensi Hujan Harian Rerata Maksimum

Tahun	Ri (mm)	$(Ri - \overline{R})$	$(Ri - \overline{R})^2$	$(Ri - \overline{R})^3$	$(Ri - \overline{R})^4$
1991	96.92	13.8428	191.6237	2652.6133	36719.6556
1992	85.16	2.0813	4.3316	9.0152	18.7628
1993	67.65	-15.4298	238.0775	-3673.4778	56680.8774
1994	70.56	-12.5182	156.7063	-1961.6871	24556.8684
1995	95.18	12.1009	146.4312	1771.9466	21442.1087
1996	72.59	-10.4939	110.1222	-1155.6120	12126.8886
1997	109.99	26.9108	724.1904	19488.5317	524451.6942
1998	85.48	2.4031	5.7749	13.8777	33.3496
1999	70.84	-12.2375	149.7564	-1832.6431	22426.9656
2000	140.22	57.1418	3265.1869	186578.6981	10661445.1737
2001	47.65	-35.4297	1255.2670	-44473.7908	1575695.1509
2002	24.21	-58.8738	3466.1244	-204063.9172	12014018.3790
2003	75.17	-7.9098	62.5654	-494.8817	3914.4299
2004	88.84	5.7632	33.2141	191.4188	1103.1795
2005	115.73	32.6490	1065.9544	34802.2997	1136258.7943
Jumlah	1246.20	0	10875.3263	-12147.6085	26090892.2784

Sumber : Hasil pengolahan data

Parameter statistik dalam penyelesaian analisis frekuensi data hujan harian rerata daerah maksimum adalah:

- Jumlah data hujan (n) = 15 tahun
- Jumlah total R_{24} Maksimum = ΣRi = 1246.20 mm
- Rata-rata ($\overline{R}$) = $\frac{1}{n}\Sigma R\,i = \frac{1}{15} x 1246.20$ = 83.08 mm
- Standar Deviasi (σ) = $\sqrt{\frac{\Sigma(R\,i-\overline{R})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{10875.3263}{(15-1)}}$ = 27.8713
- Koefisien Variasi (Cv) = $\frac{\sigma}{\overline{R}} = \frac{27.8713}{83.08}$ = 0.3355
- Koefisien Scewness (Cs) = $\frac{n}{(n-1)(n-2).\sigma^3} x\Sigma(R\,i-\overline{R})^3$

  = $\frac{15}{(15-1)(15-2).27.8713^3} x(-12147.6085)$

  = -0.0462
- Koefisien Kurtosis (C_k) = $\frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3).\sigma^4} x\Sigma(R\,i-\overline{R})^4$

  = $\frac{15^2}{(15-1)(15-2)(15-3).27.8713^4} x26090892$

  = 4.4544

Dari nilai parameter statistik data hujan harian rerata daerah maksimum kemudian diplotkan pada grafik perkiraan jenis sebaran atas dasar nilai Cv dan Cs dalam analisis distribusi untuk mengestimasi kejadian frekuensi tertentu. Parameter statistik yang telah diplotkan dalam grafik perkiraan jenis sebaran atas dasar nilai Cv dan Cs dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.

Dari grafik didapat bahwa untuk Cs = - 0,0462 dan Cv = 0,3355 termasuk dalam Pearson Type III. Selanjutnya, dalam perhitungan hujan rancangan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$k_T = z + (z^2-1)k+1/3(z^3-6z)k^2-(z^2-1)k^3+zk^4+(1/3)k^5$$

$$R_T = \overline{R} + (k_T \times \sigma)$$

dengan

"k" adalah $\frac{Cs}{6} = \frac{-0.0462}{6} = -0.0077$

Untuk kala ulang 5 tahun (T = 5).

maka $P = 1 - \frac{1}{T}$

$= 1 - \frac{1}{5}$

$= 0.80$

Dari nilai P = 0.80 didapatkan nilai z = 0.84 (lihat Tabel *"Cumulative probability of the standard normal distribution"* pada lampiran 1).

Faktor frekuensi dengan kala ulang 5 tahun (k_5) :

$$k_5 = 0.84 + (0.84^2 - 1)\ 0{,}0077 + 1/3\ (0.84^3 - 6 \times 0.84)\ 0{,}0077^2 - (0.84^2 - 1)\ 0{,}0077^3 + 0.84 \times 0.0077^4 + 1/3 \times 0{,}0077^5$$

$$= 1{,}75 + 0{,}0159 + (-0{,}0001) + 9{,}4 \cdot 10^{-7} + 6{,}15 \cdot 10^{-9} + 9{,}02 \cdot 10^{-12}$$

$$= 0.8422$$

Hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun (R_5) :

$$R_5 = \overline{R} + (k_5 \times \sigma)$$

$$= 83.08 + (0.8422 \times 27.8713)$$

$$= 106.5526 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama, hujan rancangan dengan kala ulang 10, 25, 50, 100, 200 dan 500 tahun didapatkan hasilnya berurutan sebagai berikut : 118,6150; 131,4089; 139,5262; 147,0680; 153,7739 dan 161,7862 mm.

Setelah didapatkannya hujan rancangan kala ulang dengan metoda analisis frekuensi serta analisis distribusi Pearson Type III, dilanjutkan perhitungan sebaran hujan menurut hasil penelitian Sri Harto BR. Berikut sebaran hujan menurut hasil penelitian Sri Harto BR dengan kala ulang 5 tahun yang tersaji dalam Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Sebaran Hujan Menurut Hasil Penelitian Sri Harto BR

R_5 = 106.553 mm		
Jam ke	**%**	**Ri(mm)**
1	24	25.5726
2	26	27.7037
3	17	18.1139
4	7	7.45868
5	5	5.32763

Sumber : Hasil pengolahan data

Selanjutnya, untuk sebaran hujan jam-jaman dengan kala ulang 10, 25, 50, 100, 200 dan 500 sama perhitungannya (lihat Tabel sebaran hujan menurut Sri Harto BR pada Lampiran 4).

3.5.2 Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Gama I

Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I tersdiri atas 4 parameter pokok, yaitu waktu naik (TR), debit puncak (Qp), waktu dasar (TB) dan koefisien tampungan (K). Di bawah ini ditunjukkan persamaan-persamaan beserta hasil hitungannya yang digunakan untuk menurunkan Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I DAS Code terukur di Pogung dalam Tabel 3.9.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA PERPUSTAKAAN YOGYAKARTA

Tabel 3.9 Persamaan-persamaan HSS Gama I

Persamaan	Simbol	Formula	Nilai	Satuan
Waktu naik	TR	$0,43(L/(100 \times SF))^3 + 1,0665 \times SIM + 1,2775$	2.0525	jam
Waktu dasar	TB	$27,4132 \times TR^{0,1457} \times S^{-0,0986} \times SN^{0,7344} \times RUA^{0,2574}$	28.7307	jam
Debit puncak	QP	$0,1836 \times A^{0,5886} \times TR^{-0,4008} \times JN^{0,2381}$	2.1338	m^3/s
Koefisien tampungan	K	$0,5617 \times A^{0,1798} \times S^{-0,1446} \times SF^{-1,0897} \times D^{0,0452}$	6.1300	jam
Aliran dasar (*Base flow*)	QB	$0,4751 \times A^{0,6444} \times D^{0,943}$	4.8749	m^3/s
Kehilangan hujan	Indeks Φ	$10,4903 - 3,8569 \times 10^{-6} \times A^2 + 1,6985 \times 10^{-13} (A/SN)^4$	10.4872	mm

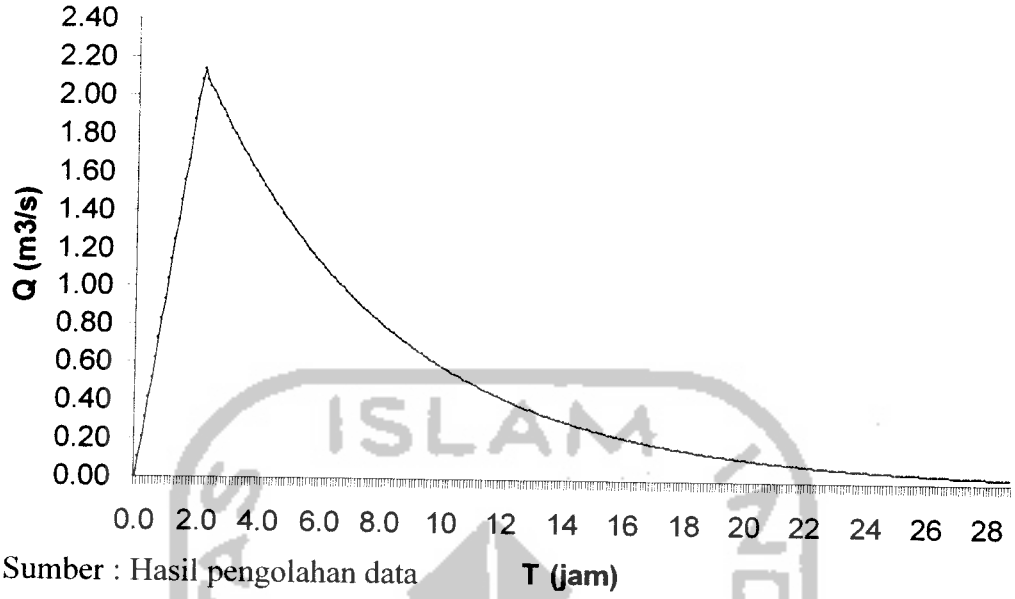
Sumber : Hasil pengolahan data

Hasil hitungan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I di atas disajikan pada Tabel 3.10 sebagai Ordinat HSS Gamma I, atau dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.10 Ordinat HSS Gamma I

T (jam)	Ordinat HSS Gamma I (m^3/s)
0	0.00000
1	1.03961
2	2.07921
2.053	**2.13380**
3	1.82821
4	1.55302
5	1.31926
6	1.12068
7	0.95199
8	0.80870
9	0.68697
10	0.58357
11	0.49573
12	0.42111
13	0.35772
14	0.30388
15	0.25814
16	0.21928
17	0.18627
18	0.15824
19	0.13442
20	0.11419
21	0.09700
22	0.08240
23	0.06999
24	0.05946
25	0.05051
26	0.04291
27	0.03645
28	0.03096

Sumber : Hasil pengolahan data



Sumber : Hasil pengolahan data

Gambar 3.2 Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I

3.5.3 Indeks Φ

Indeks Φ ditentukan dari hyetograf hujan dengan menganggap, bahwa data aliran sungai sesuai dengan data hujannya. Nilai indeks Φ adalah selisih antara tinggi hujan yang ditinjau terhadap hujan efektif yang terjadi. Kemudian dicari model empiris indeks Φ yang dipengaruhi oleh tinggi hujan terukur dari data yang ditinjau. Nilai dari persamaan indeks Φ yang didapat nantinya akan digunakan dalam perhitungan banjir rancangan terukur.

Setelah didapatkan nilai indeks Φ terukur, maka perhitungan selanjutnya yaitu membuat grafik hubungan antara indeks Φ terukur dengan tinggi hujan terukur dari tiap data yang ditinjau. Dari grafik hubungan antara antara indeks Φ terukur dengan tinggi hujan terukur, dibuat persamaan regresi untuk mendapatkan suatu fungsi indeks Φ dengan variabel tinggi hujan. Nilai indeks Φ terukur dari 25 data dapat dilihat pada Tabel 3.11 di bawah ini.

Tabel 3.11 Indeks Φ Terukur Tiap Data

Data	n	Tinggi hujan (mm)	He (mm)	ΣIndeks Φ (mm)	Indeks Φ (mm)
1	2	2.3018	0.2835	2.0183	1.3181
2	2	1.9367	0.0128	1.9239	1.7838
3	1	4.2522	0.0434	4.2087	4.2087
4	1	2.1545	0.2477	1.9068	1.9068
5	2	1.8458	0.3754	1.4703	0.9317
6	2	1.2604	0.2094	1.0510	0.7242
7	1	1.7560	0.0332	1.7228	1.7228
8	1	3.0373	0.0332	3.0041	3.0041
9	1	1.6458	0.1022	1.5436	1.5436
10	3	4.4349	1.0344	3.4005	1.7666
11	2	1.6339	0.3448	1.2891	0.6446
12	1	0.4201	0.1098	0.3103	0.3103
13	1	0.3645	0.2375	0.1270	0.1270
14	2	2.4298	1.2106	1.2192	0.6096
15	1	4.7908	0.5338	4.2570	4.2570
16	3	4.1081	3.2308	0.8773	0.4153
17	1	3.4357	0.1251	3.3105	3.3105
18	1	3.0373	0.8288	2.2085	2.2085
19	1	9.1118	2.1760	6.9358	6.9358
20	2	0.4728	0.2528	0.2199	0.1100
21	1	4.3376	0.6385	3.6991	3.6991
22	2	0.9337	0.7343	0.1994	0.1060
23	3	4.6206	1.1697	3.4509	1.9332
24	4	12.1208	1.0267	11.0941	4.3031
25	2	2.8487	0.6602	2.1885	1.6283

Sumber : Hasil pengolahan data

Analisis regresi yang digunakan adalah regresi nonlinier, yaitu suatu metode untuk mendapatkan model nonlinier yang menyatakan hubungan tinggi hujan sebagai variabel bebas terhadap indeks Φ. Grafik regresi hubungan antara indeks Φ terhadap tinggi hujan dapat dilihat pada Gambar 3.3. Dari analisis regresi didapatkan persamaan regresinya adalah :

$$y = 1{,}5085\ln(x) + 0{,}7147$$

atau

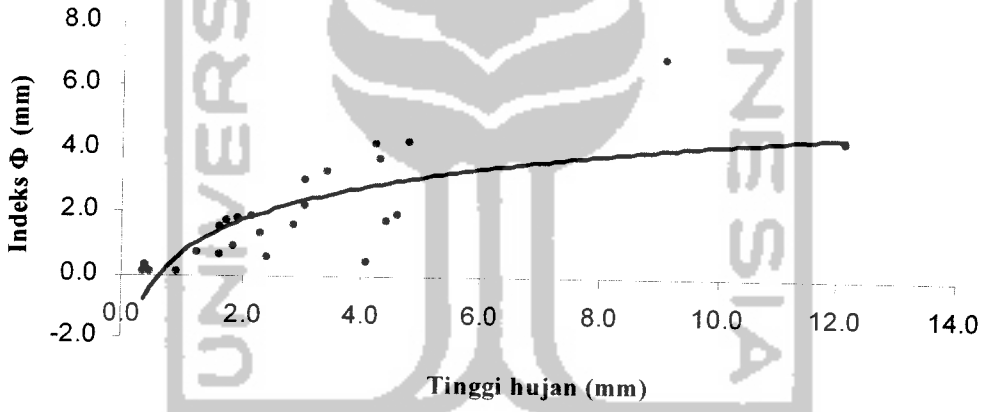
$$\text{indeks } \Phi = 1{,}5085\ln(R_T) + 0{,}7147$$

dengan

Korelasi (R) = 0,7846

Koefisien determinasi (R^2) = 0,5929 = 59,29%

F = 33,4901



Gambar 3.3 Grafik Regresi Antara Indeks Φ vs Tinggi Hujan (R_T)

Persamaan indeks Φ di atas adalah persamaan regresi dalam tingkat penerimaan tertentu/terbaik dari data yang tersedia. Dari persamaan regresi yang didapat, dihasilkan koefisien determinasi sebesar 59,29% yaitu variasi indeks Φ dijelaskan oleh variasi pada nilai tinggi hujan. Korelasi antara variabel tinggi hujan dan indeks Φ sebesar 0,78. Hal ini menunjukkan hubungan antara keduanya cukup erat. Nilai indeks Φ dari persamaan regresi yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan banjir rancangan empiris dapat dilihat pada Tabel 3.12 di bawah ini.

Tabel 3.12 Nilai Indeks Φ Atas Dasar Fungsi Tinggi Hujan

Kala Ulang (T)	R_T (mm)	Indeks Φ (mm)
5	106.5526	7.7573
10	118.6150	7.9191
25	131.4089	8.0736
50	139.5262	8.1641
100	147.0680	8.2435
200	153.7739	8.3107
500	161.7862	8.3873

Sumber : Hasil pengolahan data

3.5.4 Banjir Rancangan

Dalam penelitian ini, dilakukan dua perhitungan banjir rancangan yaitu cara Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I dan nilai terukur. Dasar dalam perhitungan banjir rancangan, yaitu komponen aliran (debit) pada sungai dapat dimasukkan ke dalam persamaan:

$Q_s = Q_{LL} + Q_{bf}$

Q_s max $= Q_{LL}$ max $+ Q_{bf}$ atau $Q_T$max $= Q_{LL}$ max(T tahun) $+ Q_{bf}$

Q_s max $= Q_T$

$Q_{LL} = U_{HSS}$ x He

He $= H_{total} - \Phi$

1. Banjir rancangan cara Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I

Dalam perhitungan banjir rancangan cara Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I, nilai indeks Φ sebesar 10,4872 mm dan nilai aliran dasar (Q_{bf}) sebesar 4,8749 m^3/s. Untuk kala ulang 5 tahun ($R_T = R_5$), nilai banjir rancangan (Q_s max) adalah:

a. Pada jam ke 1, diperoleh:

He = 25,5726 – 10,4872 = 15,0854 mm

Q_{LL1} = 15,0854 x 1,0396 = 15,6829 m^3/s

$\sum Q_{LL}$ = Q_{LL1} = 15,6829 m^3/s

b. Pada jam ke 2, diperoleh :

He = 27,7037 – 10,487 = 17,2164 mm

Q_{LL1} = 15,0854 x 2,0792 = 31,3657 m^3/s

Q_{LL2} = 17,2164 x 1,0396 = 17,8983 m^3/s

$\sum Q_{LL}$ = $Q_{LL1} + Q_{LL2}$ = 49,2640 m^3/s

c. Pada jam ke 3, diperoleh:

He = 18,1140 – 10,4872 = 7,6267 mm

Q_{LL1} = 15,0854 x 1,8282 = 27,5792 m^3/s

Q_{LL2} = 17,2164 x 2,0792 = 35,7966 m^3/s

Q_{LL3} = 7,6267 x 1,0396 = 7,9288 m^3/s

$\sum Q_{LL}$ = $Q_{LL1} + Q_{LL2} + Q_{LL3}$ = 71,3046 m^3/s

Untuk jam ke-4 dan seterusnya hampir sama cara perhitungannya. Dari hasil $\sum Q_{LL}$ tiap jam yang ditinjau, dicari nilai maksimum yang hasilnya dinamakan Q_{LL} max. Selanjutnya nilai Q_{LL} max digunakan dalam menentukan nilai Q_s max, yaitu:

Qs max = 71,3046 + 4,8749 = 76,1795 m^3/s

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5. Nilai banjir rancangan untuk tiap kala ulang dapat dilihat pada Tabel 3.13 di bawah ini.

Tabel 3.13 Banjir Rancangan Cara HSS Gamma I

Kala ulang	Indeks Φ (mm)	Q_{bf} (m^3/s)	$Q_s$max (m^3/s)
5	10.4872	4.8749	76.1795
10	10.4872	4.8749	90.1288
25	10.4872	4.8749	105.5009
50	10.4872	4.8749	115.2541
100	10.4872	4.8749	124.3158
200	10.4872	4.8749	132.6609
500	10.4872	4.8749	142.8709

Sumber : Hasil pengolahan data

2. Banjir rancangan cara nilai terukur

Banjir rancangan cara nilai terukur disini bersifat empiris karena dipengaruhi oleh nilai indeks Φ dari hasil regresi dalam penelitian. Dalam perhitungan banjir rancangan, nilai debit rerata tanpa banjir (Q_{bf}) sebesar 3 m^3/s. Untuk kala ulang 5 tahun ($R_T = R_5$) dengan nilai indeks Φ (empiris) sebesar 7,7573 mm, nilai banjir rancangan (Q_s max) adalah:

a. Pada jam ke 1, diperoleh:

He = 25,5726 – 7,7573 = 17,8153 mm

Q_{LL1} = 17,8153 x 1,0396 = 18,5209 m^3/s

$\sum Q_{LL}$ = Q_{LL1} = 18,5209 m^3/s

Pada jam ke 2, diperoleh :

He = 27,7037 – 7,7573 = 19,9463 mm

Q_{LL1} = 17,2164 x 2,0792 = 37,0417 m^3/s

Q_{LL2} = 19,9463 x 1,0396 = 20,7363 m^3/s

$\sum Q_{LL}$ = $Q_{LL1} + Q_{LL2}$ = 57,7781 m^3/s

b. Pada jam ke 3, diperoleh:

He = 18,1140 – 7,7573 = 10,3566 mm

Q_{LL1} = 17,8153 x 1,8282 = 32,5700 m^3/s

Q_{LL2} = 19,9463 x 2,0792 = 41,4726 m^3/s

Q_{LL3} = 10,3566 x 1,0396 = 10,7668 m^3/s

$\sum Q_{LL}$ = $Q_{LL1} + Q_{LL2} + Q_{LL3}$ = 84,8094 m^3/s

Untuk jam ke-4 dan seterusnya hampir sama cara perhitungannya. Dari hasil $\sum Q_{LL}$ tiap jam yang ditinjau, dicari nilai maksimum yang hasilnya dinamakan Q_{LL} max. Selanjutnya nilai Q_{LL} max digunakan dalam menentukan nilai Q_s max, yaitu:

Qs max = 85,6671 + 3 = 88,6671 m^3/s

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6. Nilai banjir rancangan dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.14 di bawah ini.

Tabel 3.14 Banjir Rancangan (Empiris)

Kala ulang	Indeks Φ (mm)	Q_{bf} (m^3/s)	$Q_s$max (m^3/s)
5	7.7573	3	86.8471
10	7.9191	3	100.8561
25	8.0736	3	116.1549
50	8.1641	3	125.9110
100	8.2435	3	135.0054
200	8.3107	3	143.1134
500	8.3873	3	147.8008

Sumber : Hasil pengolahan data,

Setelah didapatkan nilai banjir rancangan dengan cara Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I dan nilai terukur yang bersifat empiris, kemudian dilakukan komparasi antara banjir rancangan cara Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I dengan banjir rancangan cara nilai terukur (empiris). Komparasi antara indeks Φ cara Hidrograf Satuan Sintetis Gamma I dengan indeks Φ (empiris) dapat dilihat pada Tabel 3.15 di bawah ini.

Tabel 3.15 Komparasi Indeks Φ

Kala ulang (T)	Indeks Φ (mm)		Selisih (mm)	Selisih (%)
	Gamma I	Hasil penelitian		
5	10.4872	7.7573	2.7299	26.03
10	10.4872	7.9191	2.5681	24.49
25	10.4872	8.0736	2.4136	23.01
50	10.4872	8.1641	2.3232	22.15
100	10.4872	8.2435	2.2438	21.40
200	10.4872	8.3107	2.1765	20.75
500	10.4872	8.3873	2.0999	20.02

Sumber : Hasil pengolahan data

Komparasi antara banjir rancangan cara Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I dengan banjir rancangan cara nilai terukur (empiris) dapat dilihat pada Tabel 3.16 di bawah ini.

Tabel 3.16 Komparasi Banjir Rancangan ($Q_s$max)

Kala Ulang (T)	**$Q_s$max (m^3/s)**		**Selisih (m^3/s)**	**Selisih (%)**
	HSS Gamma I	**Hasil penelitian**		
5	76.1795	86.8471	10.6676	16.39
10	90.1288	100.8561	10.7273	13.92
25	105.5009	116.1549	10.6540	11.82
50	115.2541	125.9110	10.6570	10.83
100	124.3158	135.0054	10.6896	10.06
200	132.6609	143.1134	10.4525	9.25
500	142.8709	147.8008	4.9299	3.45

Sumber : Hasil pengolahan data