

## THE INFLUENCE OF MAGNITUDE AND NUMBER OF FLOOD CASES FOR UNIT HYDROGRAPH CALCULATION TO DESIGNED DISCHARGE ACCURATENESS

### PENGARUH BESARAN DAN JUMLAH KASUS BANJIR UNTUK HITUNGAN HIDROGRAF SATUAN TERHADAP KETELITIAN BANJIR RANCANGAN

Revianti Coenraad<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Staf Pengajar Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Palangka Raya  
Kampus UNPAR Tunjung Nyaho Jl. H. Timang Kotak Pos 2/PLKUP Palangka Raya (73111A)

Email: [revycoenraad@yahoo.co.id](mailto:revycoenraad@yahoo.co.id)

#### ABSTRACT

*Various methods can be used to predict design discharge, such as unit hydrograph theory. Problem to be coped with is the number of flood case required to derive the unit hydrograph for obtaining a unit hydrograph that represents a watershed and to obtain accurateness of certain design discharge.*

*Subject of this study is based on four watersheds, two in the Province of Daerah Istimewa Yogyakarta: Code and Gajahwong watersheds, and two in the Province of Jawa Tengah: Upstream Progo and Bogowonto watersheds. Unit hydrograph representing a watershed is obtained by averaging the results of unit hydrograph analysis on several flood cases occurs in the studied watershed, in which this study uses the unit hydrograph. Accuracy analysis of unit hydrograph is carried out by comparing design discharge resulted from used unit hydrograph application and referred design discharge reference, which is the discharge of used unit hydrograph result on the most flood cases and analysis result of measured maximum discharge frequency.*

*Results of this study show a tendency that larger number of flood cases used to derive the unit hydrograph implies smaller peak of the resulted unit hydrograph and more accurate designed discharge calculation. To obtain less than 10% relative error on the designed discharge for the outmost numbers of flood cases, it requires at least 10 flood cases with spesific discharge between 0.40 to 1.10 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>. Designed discharge resulted from unit hydrograph indicates over estimated as well as under estimated tendency for various period to maximum discharge of the frequency analysis with relatively short length of data (<10 years).*

*Keywords: unit hydrograph, used unit hydrograph, designed discharge*

#### ABSTRAK

Banyak cara untuk memperkirakan banjir rancangan, diantaranya adalah berdasarkan teori hidrograf satuan. Persoalan yang dijumpai adalah jumlah kasus banjir yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan sehingga diperoleh hidrograf satuan yang dapat dianggap mewakili suatu DAS untuk mendapatkan ketelitian debit rancangan tertentu.

Subyek penelitian didasarkan pada empat daerah aliran sungai, dua DAS terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu DAS Code dan DAS Gajahwong, dan dua DAS di Jawa Tengah yaitu DAS Progo Hulu dan DAS Bogowonto. Hidrograf satuan yang mewakili suatu DAS didapatkan dari hasil perataan hidrograf satuan hasil analisis beberapa kasus banjir yang terjadi di DAS yang ditinjau, dalam penelitian ini hidrograf satuan terpakai. Analisis ketelitian hidrograf satuan dilakukan dengan membandingkan debit banjir rancangan yang dihasilkan dari penerapan hidrograf satuan terpakai dengan debit banjir rancangan acuan yaitu debit dari hasil hidrograf satuan terpakai jumlah kasus banjir terbanyak dan hasil analisis frekuensi debit maksimum terukur.

Hasil penelitian ini adalah tampaknya kecenderungan bahwa semakin banyak kasus banjir yang digunakan untuk menurunkan hidrograf satuan, maka puncak dari hidrograf satuan yang dihasilkan akan semakin kecil. Semakin banyak kasus banjir yang digunakan untuk menurunkan hidrograf satuan, maka hasil hitungan banjir rancangannya akan semakin teliti. Untuk mendapatkan kesalahan relatif debit banjir rancangan di bawah 10% terhadap jumlah kasus banjir terbanyak diperlukan minimal 10 kasus banjir dengan besar  $Q_s$  antara 0.40–1.10 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>. Debit banjir rancangan hasil hidrograf satuan menghasilkan kecenderungan *over estimated* maupun *under estimated* untuk berbagai kala ulang terhadap hasil analisis frekuensi debit maksimum dengan panjang data relatif pendek (<10 tahun).

Kata Kunci : hidrograf satuan, hidrograf satuan terpakai, debit banjir rancangan

## I. PENDAHULUAN

Dalam setiap perencanaan dan perancangan bangunan-bangunan hidraulik, sangat diperlukan informasi hidrologi yang mampu memberikan perkiraan debit rancangan untuk bangunan yang bersangkutan. Informasi hidrologi tersebut dapat berupa debit rancangan (*design discharge*), aliran rendah (*low flow*), aliran andalan (*dependable flow*), angkutan sedimen (*sediment yield*), dan aliran kumulatif (*cumulative flow*) (Sri Harto, 2000). Dalam teknik sipil bangunan-bangunan tersebut diantaranya dapat berupa bendung pengairan, tanggul pengaman banjir, gorong-gorong maupun penetapan tinggi lantai jembatan (Sri Harto, 2000). Hal-hal tersebut jelas perlu didukung oleh perancangan yang mantap, sehingga dapat diperoleh bangunan yang sebaik mungkin, baik ditinjau dari segi struktural maupun fungsional. Hal ini berarti bahwa bangunan yang dirancang harus dapat tetap kokoh dan dapat melayani kebutuhan sampai satu tingkat keamanan tertentu yang ditetapkan sebelumnya (Sri Harto, 2000).

Salah satu cara yang digunakan untuk memperoleh informasi hidrologi adalah dengan melakukan pengukuran pada suatu daerah aliran sungai (DAS), dimana hasil pengukuran yang diperoleh berupa debit sungai atau curah hujan. Dalam suatu DAS, data tentang curah hujan lebih mudah diperoleh dibandingkan dengan data debit. Hal ini dikarenakan setasiun pengukuran debit dan tinggi muka air (setasiun hidrometri) pada umumnya hanya dipasang di tempat-tempat tertentu yang dipandang oleh pengelolaannya mempunyai arti yang cukup penting mengingat biaya pemasangan dan pengelolaan yang sangat tinggi (Sri Harto, 2000), padahal dalam suatu analisis hidrologi, semakin panjang data yang tersedia, baik dalam penyebaran tempat maupun dalam rentang waktunya, data tersebut akan memberikan informasi yang lebih baik (Sri Harto, 2000).

Hasil analisis hidrologi sangat mempengaruhi langkah-langkah perancangan selanjutnya. Oleh sebab itu analisis hidrologi dituntut untuk dapat memberikan hasil yang penyimpangannya kecil terhadap kejadian yang akan terjadi sesungguhnya. Hasil analisis hidrologi yang tidak tepat akan menyebabkan terjadinya taksir terlalu kecil (*under estimated*) yang dapat menimbulkan resiko kegagalan bangunan yang cukup besar, sedangkan taksir terlalu besar (*over estimated*) mengakibatkan besarnya dana yang diperlukan untuk pembuatan bangunan yang dirancang, karena ukuran bangunan yang besar sehingga tidak ekonomis (Rachmad Jayadi, 2000).

Salah satu metode perkiraan banjir rancangan adalah dengan hidrograf satuan (*unit hydrograph*). Di setasiun hidrometri, aliran yang terukur setiap waktu merupakan *stage hydrograph* dan dengan bantuan lengkung debit (hubungan kedalaman air dan debit), maka akan dihasilkan *discharge hydrograph* (Lily Montarich, 2009). Metode hidrograf satuan merupakan metode yang sederhana, mudah dalam penerapannya, dan

memberikan hasil perkiraan hidrograf banjir yang relatif akurat jika dibandingkan dengan banjir rancangan hasil analisis frekuensi debit (Joko Sujono, 2007).

Hidrograf satuan dapat diturunkan dengan memanfaatkan data terukur di DAS yaitu data hidrograf dan hujan penyebab banjir. Dalam praktek data ini tidak mudah diperoleh. Hasil analisis yang didapatkan dengan cara hidrograf satuan sangat dipengaruhi oleh data yang tersedia. Data tersebut hanya dapat diperoleh apabila telah tersedia jaringan pengukuran hujan yang baik dan jangka waktu yang cukup panjang. Jaringan setasiun hujan dapat memberikan informasi yang optimum apabila jumlah setasiun yang ada cukup memadai dengan penyebaran merata. Telah dibuktikan oleh Victorof, 1971 (Sri Harto, 1985 dalam Nova Veronica, 2006) bahwa panjang data sangat mempengaruhi hasil analisis yang didapatkan.

Dalam praktek, hidrograf satuan yang diturunkan dari banyak kejadian banjir akan bervariasi dari kejadian yang satu dengan yang lain (Joko Sujono, 2007). Karena banyaknya faktor-faktor yang berpengaruh dalam DAS, maka setiap kasus banjir akan menghasilkan hidrograf satuan yang berbeda sifatnya satu dengan yang lainnya. Untuk mendapatkan satu hidrograf satuan yang mewakili untuk suatu DAS dilakukan perataan terhadap hidrograf satuan yang didapatkan dari beberapa kasus banjir yang terjadi di dalam DAS.

Secara praktis, maka pemilihan kasus banjir dilakukan berdasar urutan besarnya banjir. Apabila hanya satu kasus banjir yang digunakan, maka banjir maksimum yang pernah terjadi yang digunakan sebagai dasar penurunan hidrograf satuan. Demikian selanjutnya diambil kasus-kasus lain dengan urutan besaran debit puncaknya. Hal ini dilakukan diantaranya untuk memperoleh hasil analisis yang dianggap lebih aman. Dengan demikian maka makin banyak kasus banjir yang digunakan, maka debit puncak hidrograf satuan rata-ratanya akan makin kecil (Sri Harto, 1991). Begitu pula pemakaiannya dalam analisis banjir akan menghasilkan penyimpangan yang berbeda dibandingkan dengan hasil analisis debit dengan analisis frekuensi. Dengan membandingkan penyimpangan yang terjadi antara besaran kasus banjir yang digunakan untuk menurunkan hidrograf satuan dalam analisis diharapkan akan diperoleh petunjuk tentang besaran dan jumlah kasus banjir yang sebaiknya digunakan untuk mencapai ketelitian tertentu.

### 1.1 Banjir Rancangan

Dalam kaitannya dengan rencana pembuatan bangunan air, besaran rancangan yang harus didapatkan melalui kegiatan analisis hidrologi secara umum dapat berupa debit banjir rancangan (*design flood*) atau debit andalan (*dependable flow*).

Banjir rancangan adalah besaran debit yang secara statistik akan disamai atau dilampaui sekali dalam kala ulang tertentu (Lily Montarich, 2009). Banjir rancangan ini

dapat berupa debit puncak, volume banjir, ataupun hidrograf banjir (Rachmad Jayadi, 2000). Besarnya banjir rancangan dinyatakan dalam debit banjir sungai dengan kala ulang tertentu.

Kala ulang debit adalah suatu kurun waktu berulang dimana debit yang terjadi menyamai atau melampaui besarnya debit banjir yang ditetapkan (banjir rancangan) (Rachmad Jayadi, 2000). Pemilihan besarnya kala ulang banjir rancangan untuk setiap bangunan hidraulik tidak terdapat kriteria dan pedoman yang definitif. Kala ulang tersebut harus dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan (Sri Harto, 1993), dalam arti bahwa bangunan hidraulik yang dibangun masih harus dapat berfungsi dengan baik minimal selama waktu yang telah ditetapkan sebelumnya, baik struktural maupun fungsional. Dari satu rangkaian data (*data series*) yang tersedia, dapat dipilih satu angka debit maksimum setiap tahun, sehingga akan diperoleh satu seri data yang baru. Rangkaian data yang baru ini mempunyai sifat-sifat yang khas, yang akan cocok dengan suatu sebaran (*distribution*) tertentu. Masalah yang perlu disadari adalah, bahwa satu rangkaian data tidak selalu hanya cocok dengan distribusi frekuensi tertentu, tetapi sering sesuai dengan sifat-sifat dari beberapa sebaran yang berbeda. Beberapa cara untuk memperkirakan besaran banjir rancangan dapat dijelaskan sebagai berikut ini (Sri Harto, 1993).

1. Banjir maksimum terukur (*maximum observed historical flood*). Cara ini dipergunakan apabila di dalam DAS yang bersangkutan tidak tersedia data hidrologi. Analisis dapat dilakukan dengan memanfaatkan tanda-tanda bekas banjir yang masih terlihat kemudian memperkirakannya dengan persamaan-persamaan hidraulika yang berkaitan. Cara ini dianjurkan hanya dalam keadaan sangat memaksa, karena tidak ada data/informasi hidrologi lainnya, sehingga hanya dibenarkan dipergunakan pada tahap-tahap awal kegiatan perancangan.
2. Rumus empirik. Cara ini digunakan bila ada sedikit data hidrologi di DAS yang bersangkutan untuk memperkirakan besar debit puncak. Cara ini dikembangkan dengan mengaitkan debit puncak dengan salah satu atau beberapa parameter DAS.
3. Pemanfaatan data hujan. Cara ini mendasarkan pada persamaan rasional, dengan memasukkan parameter DAS sebagai unsur pokok dan juga sifat-sifat hujan sebagai masukan. Jenis dan sifat parameter DAS tidak diperinci atau satu demi satu, akan tetapi pengaruhnya secara keseluruhan ditampilkan sebagai koefisien limpasan. Cara ini diterapkan apabila tidak tersedia data debit yang cukup panjang tetapi tidak tersedia hujan harian yang panjang.
4. Analisis frekuensi. Yang dimaksud dengan analisis frekuensi adalah cara penetapan banjir rancangan yang didasarkan pada sifat statistik data untuk memperoleh probabilitas besarnya di masa yang

akan datang. Cara ini masih dipandang sebagai cara terbaik karena langsung memanfaatkan data aliran terukur di sungai.

5. *Probable maximum flood* (PMF). Yang dimaksud dengan *probable maximum flood* adalah besaran debit maksimum yang masih dipikirkan dapat terjadi, yang ditimbulkan semua faktor meteorologis dan hidrologis yang terburuk. Cara ini umumnya hanya digunakan pada bagian bangunan yang sangat penting, dan kegagalan fungsional bagian bangunan ini dapat mengakibatkan hal-hal yang sangat membahayakan, misalnya bangunan pelimpah (*spillway*) pada sebuah bendungan.

## 1.2 Analisis hidrograf satuan

Telah dilakukan penelitian sebelumnya tentang pengaruh jumlah kasus banjir yang digunakan dalam analisis hidrograf satuan terhadap tiga buah DAS, yaitu DAS Progo di Kranggan 411,67 km<sup>2</sup> (Sri Harto, 1991) dan DAS Cimanuk di Bojongloa 292 km<sup>2</sup>, serta DAS Cimanuk di Leuwigoong 767 km<sup>2</sup> (Adyasa Yutono, 1991). Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa dalam analisis hidrograf satuan untuk menghitung debit rancangan, terdapat perbedaan ketelitian yang sangat jelas tergantung dari jumlah kasus banjir yang digunakan untuk menetapkan hidrograf satuan yang '*representative*' untuk suatu DAS tertentu (Sri Harto, 1991).

Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (*direct runoff*) akibat hujan efektif merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dengan durasi dan kedalaman tertentu (satu satuan). Untuk memperoleh hidrograf satuan dalam suatu kasus banjir, maka diperlukan data rekaman AWLR, pengukuran debit yang cukup, dan data hujan otomatis.

Hidrograf satuan dapat diturunkan dengan cara persamaan polinomial. Cara ini tidak selalu memuaskan, kadang persamaannya tidak dapat diselesaikan, karena memungkinkan terjadinya perambatan kesalahan. Cara lain mendapatkan hidrograf satuan adalah dengan cara Collins, yaitu dengan prosedur iterasi (pengulangan) yang diawali dengan sebuah hidrograf satuan hipotetik sebagai masukan awal hitungan iterasi. Cara ini dinilai baik karena akan selalu dapat ditemukan penyelesaian (Sri Harto, 2000).

## 1.3 Analisis frekuensi

Salah satu cara untuk memperkirakan besaran hujan/debit rancangan dengan kala ulang tertentu, dilakukan analisis frekuensi melalui pendekatan statistik (Rachmad Jayadi, 2004).

Hujan harian dianalisis dengan metode poligon Thiessen untuk mendapatkan hujan rata-rata DAS, selanjutnya dengan analisis frekuensi didapatkan hujan rancangan DAS berbagai kala ulang.

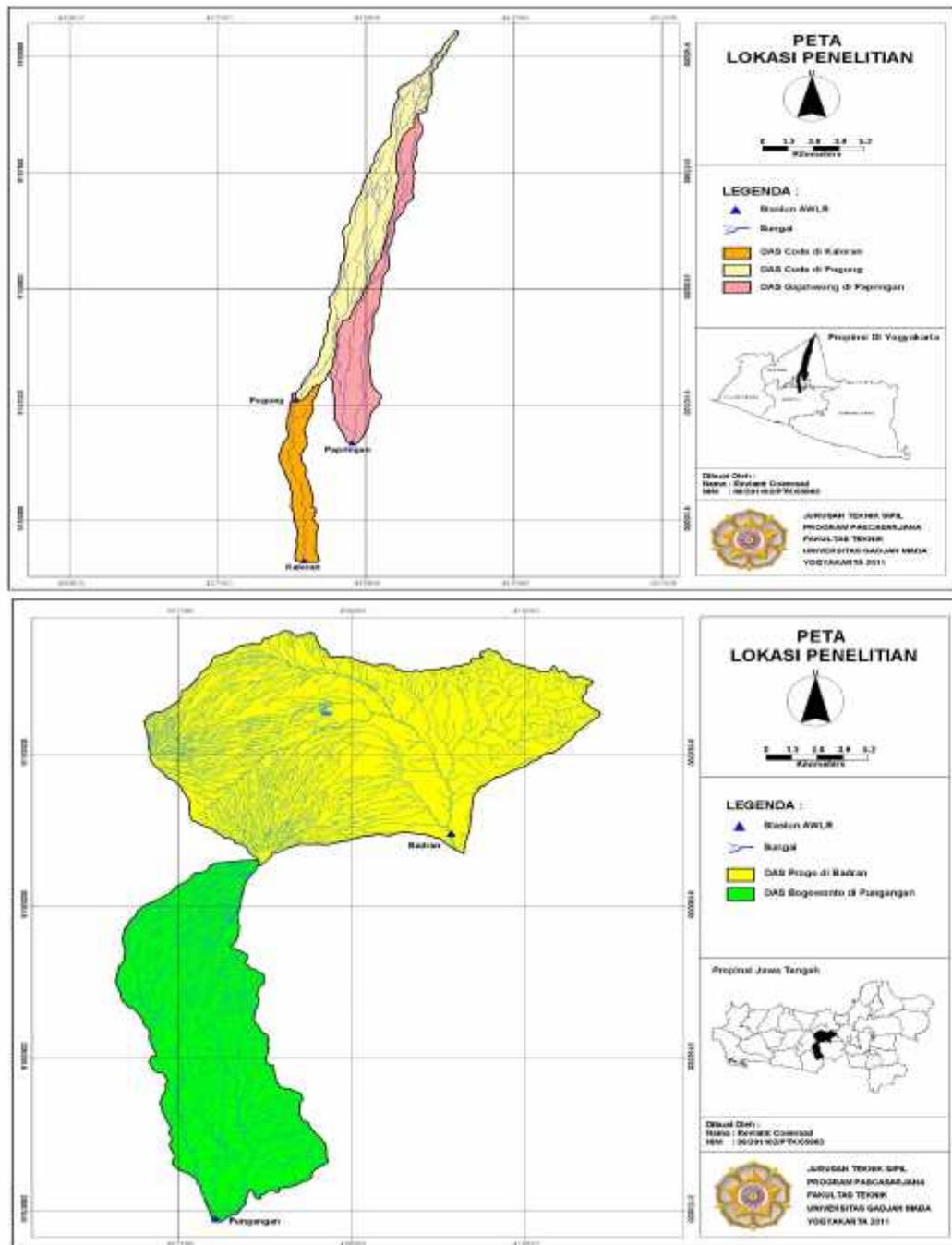
**II. METODOLOGI PENELITIAN**

**2.1 Lokasi dan Data Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang dikumpulkan dari berbagai sumber antara lain berasal dari Dinas Pengairan Daerah Istimewa

Yogyakarta, Balai BPSDA Probolo, dan laporan penelitian/Tugas Akhir.

Peta lokasi penelitian dan kasus banjir terpilih masing-masing DAS dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1, berikut ini.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tabel 1. Kasus banjir terpilih masing-masing DAS

No Kasus	Tanggal kejadian kasus banjir terpilih dan besar debit puncak (Q <sub>p</sub> )									
	Code di Pogung	Q <sub>p</sub> <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Code di Kaloran	Q <sub>p</sub> <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Gajahwong di Papingan	Q <sub>p</sub> <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Progo di Badran	Q <sub>p</sub> <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Bogowonto di Pungangan	Q <sub>p</sub> <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s)
1	4/2/2000	15	12/3/1999	21	4/2/2000	10	19/6/2005	179	27/1/2002	26
2	20/3/2000	22	25/1/2001	14	20/3/2000	14	23/10/2005	394	14/2/2002	27
3	19/11/2001	9	27/1/2001	17	12/12/2000	14	28/11/2005	150	24/3/2002	39
4	4/1/2002	10	3/4/2001	23	29/1/2001	9	3/12/2005	325	29/1/2003	139
5	20/02/2002	7	12/5/2002	15	1/3/2001	11	4/12/2005	205	28/2/2005	49
6	3/3/2003	17	22/12/2002	21	8/2/2002	11	16/12/2005	354	26/12/2005	52
7	15/1/2004	21	25/12/2002	46	25/12/2002	11	30/1/2006	153	5/4/2006	25
8	17/1/2004	23	21/2/2003	24	20/11/2003	5	27/3/2006	109	21/3/2007	54
9	22/12/2004	41	29/1/2004	23	22/11/2004	11	23/11/2006	143	15/12/2008	47
10	23/2/2005	117	27/12/2004	32	21/1/2005	13	31/10/2007	187	9/1/2009	25
11	31/3/2005	44	23/2/2005	92	23/2/2005	25	19/12/2007	250	28/3/2009	149
12	7/4/2005	37			20/12/2006	11	30/12/2007	214	30/3/2009	86
13	31/1/2008	9			2/3/2007	11	25/1/2008	125	24/4/2009	75
14	1/11/2008	16			20/4/2007	14	29/10/2009	199	18/5/2009	192
15							27/2/2010	148	31/5/2009	114

## 2.2 Tahapan Penelitian

### a. Pemilihan kasus banjir

Dalam penelitian ini data yang digunakan dipilih berdasarkan persyaratan berikut :

1. hidrograf banjir harus berpuncak tunggal (*single peak hydrograph*),
2. hujan jam-jaman penyebab banjir terjadi pada sebagian besar stasiun pencatat hujan yang ada di dalam DAS,
3. hujan jam-jaman yang tercatat di setiap stasiun hujan akan direratakan dengan poligon Thiessen untuk setiap kasus banjir yang terpilih.

### b. Analisis hidrograf satuan

Untuk mendapatkan hidrograf satuan yang mewakili untuk suatu DAS dilakukan perataan terhadap hidrograf-hidrograf satuan yang diperoleh dari kasus-kasus banjir yang terjadi, pada penelitian ini disebut hidrograf satuan terpakai. Pada penelitian ini dipergunakan hidrograf satuan terpakai yang diturunkan dari jumlah hidrograf satuan yang bervariasi. Hidrograf satuan terpakai 1 adalah hasil perataan dari satu hidrograf satuan, hidrograf satuan terpakai 2 adalah hasil perataan dari dua hidrograf satuan, sampai hidrograf satuan terpakai n adalah hasil perataan dari n hidrograf satuan. Perataan hidrograf satuan yang diperoleh dari kasus-kasus banjir pada masing-masing DAS diurutkan berdasarkan besarnya debit puncak dengan urutan dari besar menuju ke kecil (B-K), dari kecil menuju ke besar (K-B), dan berdasarkan tahun data kasus-kasus banjir yang terpilih (T).

### c. Perhitungan kesalahan relatif

Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya kesalahan relatif terhadap hasil analisis frekuensi disajikan pada Persamaan 1 berikut ini:

$$RE = \frac{Q_{HS} - Q_{AF}}{Q_{AF}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan : RE = kesalahan relatif tiap kasus banjir (%)

$Q_{HS}$  = debit banjir rancangan dengan hidrograf satuan (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{AF}$  = debit banjir rancangan dengan analisis frekuensi (m<sup>3</sup>/s)

Pada penelitian ini kesalahan relatif (% error) yang dianalisis adalah :

1. kesalahan relatif terhadap HS terpakai jumlah kasus banjir terbanyak (debit puncak (% Q<sub>p</sub>),
2. kesalahan relatif debit banjir rancangan terhadap debit puncak hidrograf satuan terpakai jumlah kasus banjir terbanyak,
3. kesalahan relatif debit banjir rancangan terhadap hasil analisis frekuensi debit maksimum.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hujan rancangan DAS

Hasil analisis hujan rancangan DAS disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hujan rancangan untuk beberapa kala ulang

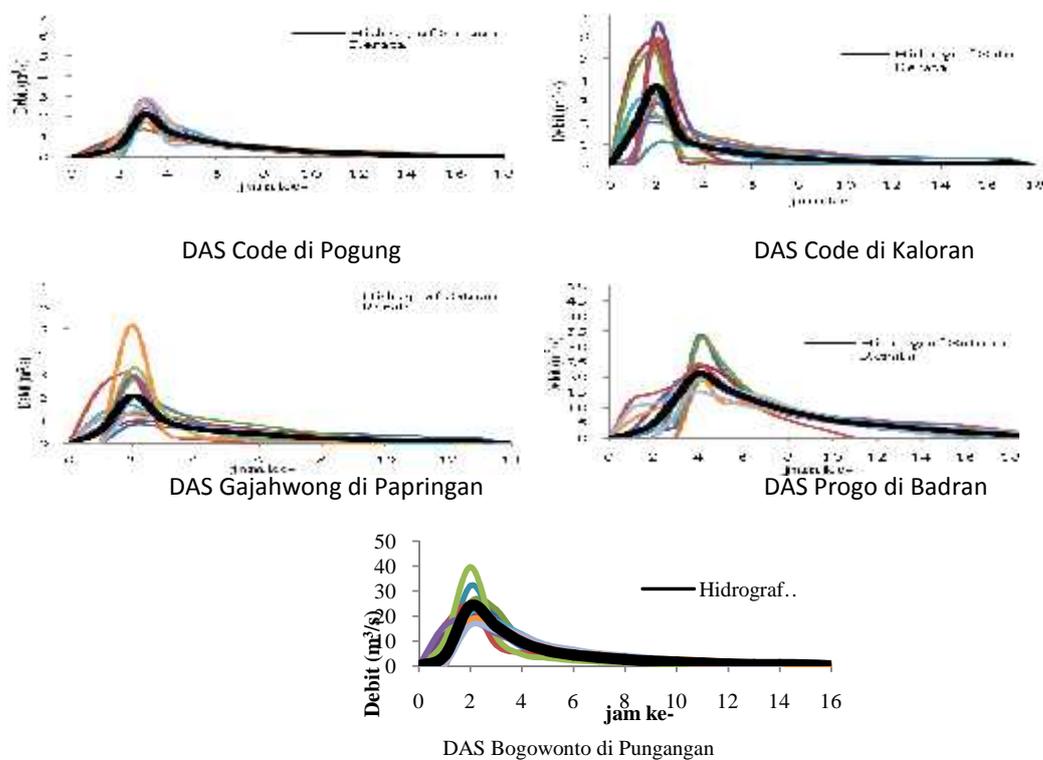
No	DAS	Luas DAS (km <sup>2</sup> )	Lama hujan (jam)	Hujan Rancangan (mm) untuk Kala Ulang Y tahun			
				Y=10	Y=20	Y=50	Y=100
1	Code di Pogung	29.04	3.3	106	119	136	149
2	Code di Kaloran	40.61	3.5	87	96	108	116
3	Gajahwong di Papringan	23.27	3.5	100	110	124	133
4	Progo di Badran	462.78	8	119	157	218	276
5	Bogowonto di Pungangan	275.87	7.12	146	159	175	186

**3.2 Penurunan hidrograf satuan**

Hidrograf satuan rata-rata DAS yang diturunkan dari kasus-kasus banjir untuk masing-masing DAS penelitian disajikan pada Gambar 2 berikut ini.

**3.3 Hidrograf satuan terpakai**

Besar debit puncak hidrograf satuan terpakai dari hasil perataan hidrograf satuan disajikan pada Tabel 3 berikut ini.



Gambar 2. Hidrograf satuan masing-masing DAS

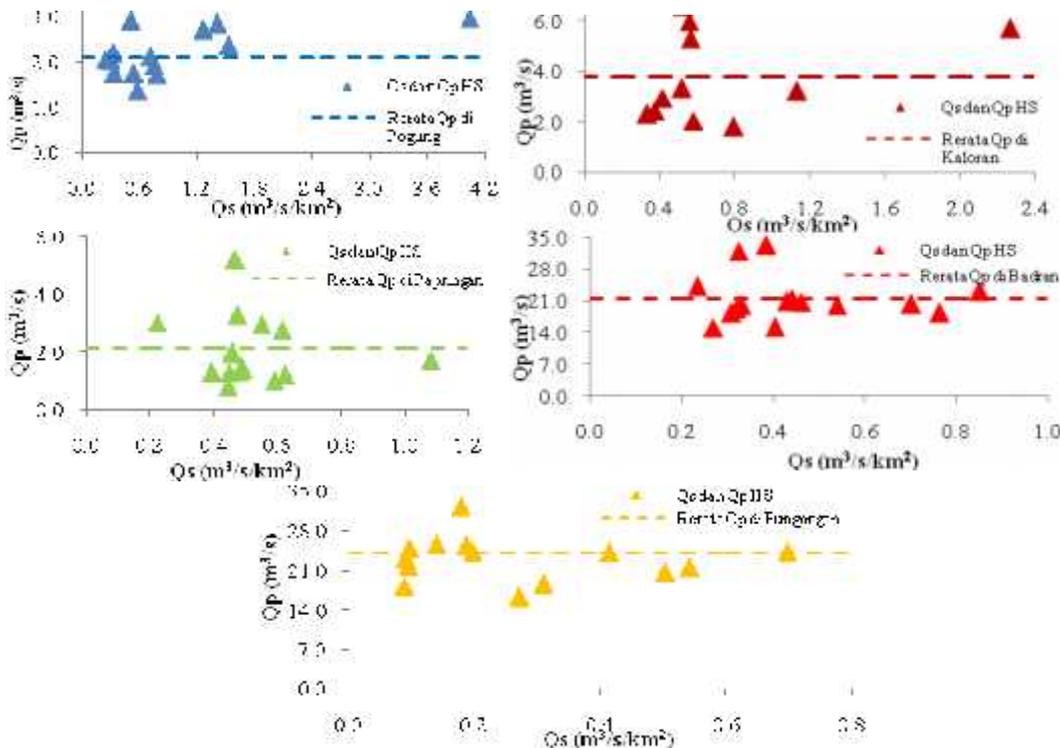
Tabel 3. Besar debit puncak hidrograf satuan terpakai masing-masing DAS

No Kasus	Besar debit puncak hidrograf satuan terpakai (m <sup>3</sup> /s)														
	DAS Code di Pogung			DAS Code di Kaloran			DAS Gajahwong di Papingan			DAS Progo di Badran			DAS Bogowonto di Pungangan		
	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T
1	2.9	1.4	1.5	6.6	1.8	2.0	5.2	0.8	1.5	33.3	15.1	24.8	40.7	16.3	23.8
2	2.9	1.5	1.8	6.3	1.9	4.9	4.2	0.9	1.4	32.7	15.1	23.4	36.4	17.3	23.0
3	2.8	1.6	1.9	6.1	2.0	3.8	3.8	1.0	1.5	29.9	16.2	22.2	32.8	17.7	24.8
4	2.7	1.6	1.9	5.9	2.1	4.1	3.6	1.1	1.7	28.2	16.7	21.7	30.7	18.4	24.6
5	2.6	1.7	1.9	5.4	2.3	3.8	3.4	1.1	1.9	26.9	17.3	21.7	29.4	19.1	24.3
6	2.5	1.7	1.9	5.0	2.4	3.8	3.2	1.2	1.9	25.9	17.7	21.4	28.5	19.5	26.1
7	2.5	1.8	2.1	4.7	2.6		3.0	1.2	2.2	25.1	18.0		27.9	20.0	23.9
8	2.4	1.8		4.4	2.9		2.8	1.3	2.1	24.5	18.3		27.3	20.4	
9	2.4	1.8		4.2	3.2		2.6	1.3		24.0	18.5		26.8	20.8	
10	2.3	1.9		4.0	3.5		2.5	1.5		23.6	18.8		26.3	21.1	
11	2.2	1.9		3.8	3.8		2.4	1.6		23.2	19.0		25.9	21.4	
12	2.2	2.0					2.3	1.7		22.8	19.4		25.4	21.7	
13	2.2	2.0					2.2	1.8		22.5	19.8		24.9	22.0	
14	2.1	2.1					2.1	2.1		21.9	20.6		24.6	22.7	
15										21.5	21.5		23.9	23.9	

Dari Tabel 3 dapat dilihat tidak ada trend debit puncak hidrograf satuan terpakai yang diurutkan dari debit puncak kasus banjir B-K akan menghasilkan debit puncak hidrograf satuan terpakai yang besar, diurutkan dari K-B akan menghasilkan debit puncak hidrograf satuan terpakai yang kecil, dan diurutkan berdasarkan tahun data akan menghasilkan puncak hidrograf satuan terpakai yang kecil. Kecenderungan ini dikarenakan ketersediaan data AWLR ataupun ARR pada waktu kejadian yang sama dan besarnya nilai phi indeks rerata berbeda untuk setiap jumlah kasus banjir tiap DAS.

**3.4 Debit Spesifik**

Debit spesifik merupakan debit puncak kasus banjir terpilih dibagi luas DAS. Debit spesifik digunakan untuk memperkirakan besar debit puncak (Q<sub>p</sub>) kasus banjir yang akan dipilih agar menghasilkan kesalahan hidrograf satuan rata-rata yang relatif kecil dari beberapa kasus banjir terpilih. Pada Gambar 3 berikut disajikan gambar hubungan debit spesifik dan debit puncak hidrograf satuan masing-masing DAS.



Gambar 3. Debit spesifik DAS

Berdasarkan Gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa  $Q_s$  untuk DAS Code di Pogung antara 0.60 – 0.90  $m^3/s/km^2$ ,  $Q_s$  DAS Code di Kaloran antara 0.80 – 1.10  $m^3/s/km^2$ ,  $Q_s$  DAS Gajahwong di Papringan antara 0.65 – 1.10  $m^3/s/km^2$ ,  $Q_s$  DAS Progo di Badran antara 0.50 – 0.75  $m^3/s/km^2$ , dan  $Q_s$  DAS Bogowonto di Pungangan antara 0.40 – 0.70  $m^3/s/km^2$ .

### 3.5 Kesalahan Relatif

a. Kesalahan relatif hidrograf satuan terpakai  
Kesalahan relatif hidrograf satuan terpakai terhadap hidrograf satuan terpakai jumlah kasus banjir terbanyak untuk masing-masing DAS disajikan pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Kesalahan relatif (%) terhadap hidrograf satuan terpakai

HS terpakai	DAS Code di Pogung			DAS Code di Kaloran			DAS Gajahwong di Papringan			DAS Progo di Badran			DAS Bogowonto di Pungangan		
	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T
1	37.8	-17.4	-26.6	-12.1	50.7	-46.5	-19.3	43.8	-47.3	7.6	13.0	15.2	0.7	-24.3	0.4
2	14.8	-6.2	-16.0	-25.5	-1.0	29.7	-30.7	2.8	-31.4	-3.6	-8.4	9.2	-4.9	-13.9	-4.2
3	8.6	5.3	-10.5	-24.5	12.6	1.8	-9.6	-18.2	-28.5	-4.4	-10.5	3.6	-7.9	-12.3	3.6
4	2.3	7.3	-11.8	-3.9	-2.1	8.8	-20.2	-23.4	-19.4	-5.0	-10.4	1.0	-5.6	-8.2	2.6
5	1.2	3.8	-8.6	-10.3	-4.7	1.2	-7.9	-20.0	-10.9	-4.7	1.5	0.9	-9.1	-5.3	2.4
6	-4.8	7.8	-10.1	3.9	8.6	0.0	-11.8	8.1	-6.8	-3.9	0.1	0.0	-12.9	6.4	9.3
7	-4.1	4.1	0.0	1.2	2.2		-15.2	15.2	6.1	-3.7	8.0		-11.0	10.2	0.0
8	-5.8	3.6		-4.7	9.2		-6.1	8.8	0.0	-6.9	3.3		-9.0	9.6	
9	-1.2	-0.7		0.2	5.7		11.1	4.4		-0.1	2.6		-4.2	8.6	
10	-2.9	-0.9		-5.1	1.2		9.3	8.1		-0.7	2.4		2.7	4.5	
11	-1.5	-2.4		0.0	0.0		4.9	2.6		3.8	1.8		3.0	2.1	
12	1.0	-2.5					-0.5	5.1		2.6	1.1		3.1	2.0	
13	1.3	-2.9					-3.4	1.5		1.3	0.6		2.1	0.8	
14	0.0	0.0					0.0	0.0		-0.9	-0.5		1.7	-0.1	
15										0.0	0.0		0.0	0.0	

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa pada masing-masing DAS jika kasus banjir diurutkan dari  $Q_p$  kasus banjir B-K, K-B maupun T untuk mendapatkan kesalahan relatif yang relatif konstan maka diperlukan minimal 10 kasus banjir.

b. Kesalahan relatif debit banjir rancangan  
Kesalahan relatif debit banjir rancangan 20 tahunan hasil hidrograf satuan terpakai terhadap debit puncak hidrograf satuan terpakai kasus banjir terbanyak masing-masing disajikan pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 6 Kesalahan relatif (%) debit banjir rancangan terhadap hasil analisis frekuensi debit maksimum

HS terpakai	DAS Code di Pogung			DAS Code di Kaloran			DAS Gajahwong di Papringan			DAS Progo di Badran			DAS Bogowonto di Pungangan		
	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T	B-K	K-B	T
1	131.7	74.1	60.1	7.8	37.3	-29.2	307.2	631.9	245.4	-33.0	-31.8	-32.8	6.6	3.7	12.7
2	115.2	78.5	72.0	-9.7	-11.6	39.8	258.3	413.7	223.0	-39.8	-41.3	-35.4	8.4	1.9	14.3
3	104.0	87.4	79.7	-16.5	-3.2	3.9	288.4	271.7	254.0	-41.3	-42.8	-39.3	8.7	5.8	12.1
4	97.1	92.2	72.0	-8.9	-14.9	6.1	256.2	234.4	259.3	-40.8	-43.2	-40.2	10.2	-2.2	10.8
5	92.8	84.3	75.1	-11.9	-22.5	-0.2	272.7	264.3	285.2	-43.1	-39.5	-40.3	4.4	9.2	10.5
6	92.9	102.4	83.2	-3.7	-18.9	1.4	273.1	310.3	296.0	-42.4	-39.3	-40.3	2.3	14.8	14.5
7	88.3	93.4	91.7	-6.2	-21.2		268.6	331.4	319.8	-42.6	-36.5		0.4	15.8	7.2
8	83.2	91.8		-9.2	-20.1		301.8	320.2	299.7	-43.6	-38.4		0.8	13.4	
9	94.6	89.1		-1.8	-23.5		333.7	297.6		-41.2	-38.7		3.2	13.3	
10	92.6	89.2		-8.2	-26.2		337.4	317.9		-41.0	-38.7		7.3	9.9	
11	94.3	89.3		-2.1	-25.0		325.5	303.6		-39.1	-41.4		8.8	7.9	
12	94.9	88.8					307.3	316.5		-39.2	-40.2		8.5	7.5	
13	93.9	88.6					301.1	307.9		-39.4	-40.4		8.6	8.7	
14	92.6	92.0					303.1	303.1		-40.4	-40.8		8.3	8.1	
15										-40.3	-40.3		7.9	7.8	

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Diperlukan minimal 10 kasus banjir untuk menurunkan hidrograf satuan untuk mendapatkan hidrograf satuan terpakai agar kesalahan relatif banjir rancangan relatif konstan di bawah 10% terhadap jumlah kasus banjir terbanyak.
2. Pengurutan debit puncak banjir untuk analisis hidrograf satuan tidak berpengaruh terhadap

ketelitian hitungan banjir rancangan baik diurutkan dari besar – kecil (B-K), kecil – besar (K-B), maupun tahun data (T).

3. Debit banjir rancangan hasil hidrograf satuan menghasilkan kecenderungan *over estimated* maupun *under estimated* untuk berbagai kala ulang terhadap hasil analisis frekuensi debit maksimum dengan data relatif pendek (<10 tahun).
4. Besaran debit banjir ( $Q_p$ ) kasus banjir yang dipilih berdasarkan debit spesifik ( $Q_s$ ) agar nilai  $Q_p$  hidrograf satuan kasus banjir mendekati nilai rerata

$Q_p$  hidrograf satuan kasus banjir terbanyak, untuk DAS Code di Pogung, DAS Code di Kaloran dan DAS Gajahwong di Papringan nilai  $Q_s$  antara 0.60 – 1.10  $m^3/s/km^2$ , sedangkan DAS Progo di Badran dan DAS Bogowonto di Pungangan nilai  $Q_s$  antara 0.40 – 0.80  $m^3/s/km^2$ .

#### 4.2 Saran

1. Pengambilan kasus banjir diupayakan besaran  $Q_s$  dengan jangkauan yang besar.

Penelitian ini masih harus dilanjutkan pada DAS yang lain, sehingga dapat diketahui hubungan antara tingkat ketelitian hasil hitungan banjir rancangan dengan jumlah kasus banjir yang digunakan untuk mendapatkan hidrograf satuan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adhyasa, Yutono. (1991). "Pengaruh Jumlah Kasus Banjir Untuk Hitungan Hidrograf Satuan Terhadap Ketelitian Hitungan Banjir Rancangan." *Tugas Akhir*, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Joko, Sujono dan Rachmad, Jayadi. (2007). "Hidrograf Satuan: Permasalahan dan Alternatif Penyelesaian", *Forum Teknik Sipil No. XVII*, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lily Montarich, L. (2009). "Hidrologi TSA-I", CV. Citra Malang, Malang.
- Rachmad, Jayadi. (2000). "Hidrologi I, Pengenalan Hidrologi" Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Sri Harto, Br. (1991). "Pengaruh Jumlah Kasus Banjir Pada Analisis Hidrograf Satuan", *Jurnal Teknik Hidraulik Vol 6 pp. 52-59*, HATHI, Bandung.
- Sri Harto, Br. (1993). "Analisis Hidrologi", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sri Harto, Br. (2000). "Hidrologi Teori Masalah Penyelesaian", Nafiri Offset, Yogyakarta.