

## ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN DENGAN MENGGUNAKAN HIDROGRAF SATUAN TERUKUR PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI PROGO BAGIAN HULU

Gustave Suryantara Pariartha  
Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana  
Email : gustave\_sp@yahoo.co.id

**Abstrak:** Hidrograf satuan digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan pada suatu DAS apabila tidak terdapat alat pengukur debit pada DAS tersebut. Beberapa cara menghitung hidrograf satuan telah banyak dikembangkan baik itu menggunakan data banjir di sungai tersebut atau menggunakan hidrograf satuan sintesis seperti Snyder, Nakayasu, Gama I dan yang lainnya. Hidrograf satuan yang menggunakan data banjir di lapangan disebut hidrograf satuan terukur dimana terdapat dua cara untuk menurunkannya yaitu cara polinomial dan cara Collin. Dalam penelitian ini cara collin dipilih dikarenakan cara polinomial tidak selalu bisa diselesaikan dan kesempatan untuk terjadinya kesalahan cukup besar. Setelah hidrograf satuan terukur diperoleh maka perhitungan dilanjutkan dengan menghitung debit banjir rancangan pada DAS Progo bagian hulu dimana hasilnya dibandingkan dengan debit eksisting DAS Progo Hulu. Dari hasil perhitungan diperoleh hidrograf satuan terukur rata-rata dari 4 kejadian banjir yang kemudian digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan dimana untuk kala ulang 20 dan 50 tahun diperoleh hasil debit 1232,22 m<sup>3</sup>/det dan 1570,39 m<sup>3</sup>/det dan apabila dibandingkan dengan debit eksisting dimana diperoleh debit untuk kala ulang 20 tahun adalah 992,05 m<sup>3</sup>/det dan kala ulang 50 tahun adalah 1242,45 maka terdapat selisih sebesar 240,17 m<sup>3</sup>/det untuk kala ulang 20 tahun dan 327,92 untuk kala ulang 50 tahun.

**Kata Kunci :** hidrograf satuan terukur, debit rancangan

## FLOOD DESIGN DISCHARGE ANALYSES USING A MEASURED UNIT HYDROGRAPH ON THE UPSTREAM PROGO WATERSHED

**Abstract:** A unit hydrograph is performed when the watershed do not have discharge gauge. Several ways to calculate a unit hydrograph had been developed using either flood data or a synthetic unit hydrograph such as Snyder, Nakayasu, Gama I, etc. A unit hydrograph developed from flood data is called a measured unit hydrograph derived using polynomial and Collin methods. In this study, Collin method is preferred because the formula is unsolved occasionally and of high probability in getting error if polynomial method is employed. After obtaining measured unit hydrograph, the flood design can be calculated for upstream Progo watershed. This result will be compared to the existing discharge in upstream Progo watershed. The analysis is performed from average measured unit hydrograph consisting four flood occurrences for which the return periods of 20 and 50 years produced the discharge of 1232.22 m<sup>3</sup>/seconds and 1570.39 m<sup>3</sup>/seconds respectively. Thus, if these results are compared to a design discharge obtained from the existing discharge, the return periods of 20 and 50 years produced the discharge of 992.05 m<sup>3</sup>/seconds and 1242.45 m<sup>3</sup>/seconds respectively and the deviation of 240.17 m<sup>3</sup>/seconds and 327.92 m<sup>3</sup>/seconds respectively.

**Key Words :** measured unit hydrograph, designed discharge

**PENDAHULUAN**

Debit banjir rancangan memiliki arti yang sangat penting dalam perencanaan dan perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Untuk daerah yang memiliki alat pencatat debit maka debit rancangan dapat dengan mudah diperoleh, namun apabila pada daerah tersebut tidak terdapat alat pencatat debit maka debit banjir rancangan dapat ditentukan dengan menggunakan data hujan yang terdapat pada daerah tersebut.

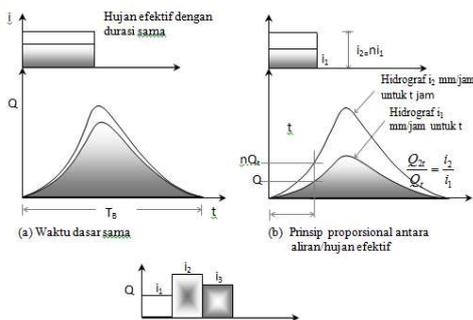
Hidrograf satuan digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan pada suatu DAS apabila tidak terdapat alat pengukur debit pada DAS tersebut. Beberapa cara menghitung hidrograf satuan telah banyak dikembangkan baik itu menggunakan data banjir di sungai tersebut atau menggunakan hidrograf satuan sintetis seperti Snyder, Nakayasu, Gama I dan yang lainnya.

Hidrograf satuan merupakan hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu yang ditetapkan. Ada dua andaian pokok di dalam hidrograf satuan yaitu hujan yang merata dan intensitas hujan tetap (Sri Harto, 2000).

**TEORI DAN METODE PENELITIAN**

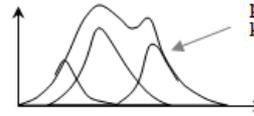
**Hidrograf Satuan**

Penetapan hidrograf satuan pada suatu DAS menganut sistem linieritas dan *time invariant*. Secara skematis dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



(c) Prinsip superposisi

Hidrograf yang diperoleh dari penjumlahan ordinat-ordinat ketiga hidrograf komponen



**Gambar 1** Ilustrasi prinsip linear dan *time invariant* pada teori hidrograf satuan

Penurunan hidrograf satuan terukur dilakukan dengan persamaan polinomial. Oleh karena cara tersebut tidak selalu dapat diselesaikan dan memungkinkan untuk terjadinya perambatan kesalahan, maka dipergunakan juga cara Collins (Sri Harto, 2000).

Pada penelitian Edy Sukoso (2004) digunakan hidrograf satuan dengan metode Collins dan diperoleh hasil yang cukup baik. Pemilihan metode Collins dalam analisis paling memungkinkan untuk digunakan karena beberapa hal yang diantaranya adalah sebagai berikut ini.

- Untuk data hidrograf banjir yang diperoleh dari hasil pengamatan dilapangan cukup kompleks dengan tingkat ketelitian hasil pengukuran data AWLR dan debit sangat terbatas.
- Kelemahan yang terjadi pada metode persamaan *polynomial* yaitu, persamaan yang terkadang tidak terselesaikan dan terjadinya perambatan kesalahan perhitungan.
- Perkembangan teknologi khususnya di bidang komputerisasi memudahkan dalam proses iterasi yang panjang, dengan proses yang cepat dan hasil yang akurat.

Prosedur penurunan hidrograf satuan terukur cara Collins ditunjukkan di bawah ini (Sri Harto, 2000).

- Dipilih kasus hujan dan hidrograf muka air. Kemudian dengan menggunakan liku kalibrasi yang berlaku ditetapkan hidrografnya.
- Hidrograf limpasan langsung diperoleh dengan memisahkan aliran dasar dari hidrograf tersebut. Kemudian dicari hujan efektif dengan indeks  $\Phi$ . Di dapat volume hujan efektif sama de-

ngan volume hidrograf limpasan langsung.

- Hidrograf satuan hipotetik ditetapkan tidak dengan ordinat-ordinat yang belum diketahui, akan tetapi hidrograf satuan hipotetik yang pasti ditetapkan dengan ordinat-ordinatnya.
- Semua hujan yang terjadi, kecuali bagian hujan maksimum, ditransformasikan dengan hidrograf satuan hipotetik tersebut, sehingga akan diperoleh sebuah hidrograf.
- Apabila hidrograf terukur dikurangi dengan hidrograf yang diperoleh dari butir (4), maka yang akan diperoleh adalah hidrograf yang ditimbulkan oleh hujan maksimum. Hidrograf satuan 1 mm/jam baru dapat diperoleh dengan membagi semua ordinat hidrograf ini dengan intensitas hujan maksimum. Hidrograf satuan yang diperoleh terakhir ini dibandingkan dengan hidrograf satuan hipotetik. Apabila perbedaan keduanya sudah lebih kecil dari patokan (*criteria*) yang ditetapkan, maka hidrograf satuan ini sudah dianggap benar. Namun bila perbedaannya masih lebih besar dari patokan yang ditetapkan, maka prosedur pada butir (4) diulang kembali, dengan menggunakan hidrograf satuan yang diperoleh dari butir (5).
- Prosedur ini diulang-ulang terus sampai pada akhirnya diperoleh hidrograf satuan terakhir yang tidak berbeda banyak dari patokan perbedaan yang ditetapkan.

Hidrograf satuan hanya dapat disusun jika tersedia data hujan dan data debit yang cukup. Apabila data tersebut tidak tersedia maka suatu cara untuk memungkinkan penggunaan konsep hidrograf satuan adalah hidrograf satuan sintetik.

### Debit Banjir Rancangan

Banjir rancangan adalah besarnya debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan dimensi bangunan-bangunan hidraulik (termasuk bangunan di sungai), sedemikian hingga kerusa-

kan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Sri Harto, 1993).

Untuk menentukan banjir rancangan, apabila data debit di daerah yang dikehendaki mencukupi maka dapat langsung digunakan untuk menentukan banjir rancangan dengan analisis frekuensi. Apabila pada daerah tersebut data debit sangat terbatas maka dapat digunakan data hujan (A. Rahman et al, 2002).

Persamaan perkiraan banjir yang banyak digunakan dapat dipisahkan menjadi 3 kelompok (Sri Harto, 1985 dalam Ika Tyasning Yudiyanti, 2006) :

- cara empirik berdasar persamaan rasional untuk sungai – sungai yang belum pernah diukur (tidak ada data AWLR dan data pengukuran debit),
- cara yang berdasar pada teori hidrograf satuan baik untuk sungai yang belum pernah diukur maupun yang sudah pernah diukur,
- cara pendekatan statistik untuk sungai – sungai yang mempunyai data cukup panjang.

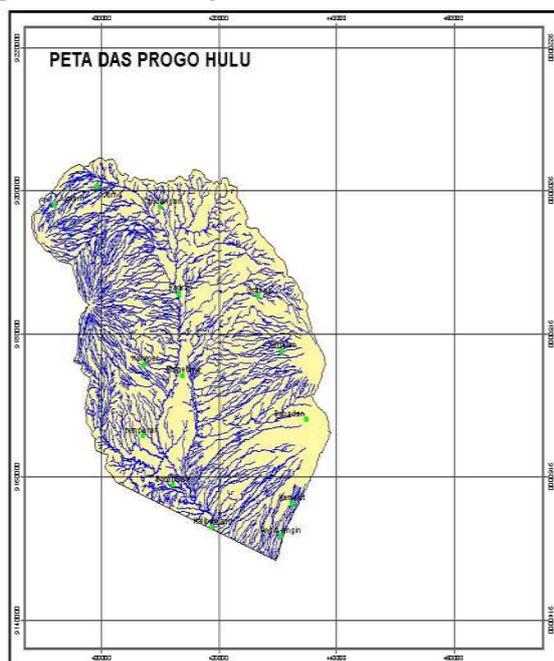
Cara empirik berdasarkan persamaan rasional yang dikenal di Indonesia diantaranya adalah cara Melchior, cara der We-duwen dan cara Haspers. Persamaan rasional ini baik dipakai pada DAS yang kecil karena faktor yang mempengaruhinya dapat diketahui dengan baik, pemakaian pada DAS yang besar akan menyebabkan penyimpangan yang besar. Selain itu juga digunakan cara hidrograf satuan terukur dan cara hidrograf satuan sintetik. Cara yang disebutkan terakhir yaitu cara hidrograf satuan sintetik dilakukan jika tidak tersedia data debit aliran maupun data curah hujan, sehingga karakteristik sungai seperti kemiringan dan panjang sungai, luas DAS dan bagiannya, diamati dengan cermat, dan dituangkan dalam bentuk angka. Dalam praktek analisis hidrologi terdapat beberapa metode seperti hidrograf satuan sintetik GAMA I (HSS GAMA I), hidrograf satuan sintetik Snyder dan hidrograf satuan sintetik Nakayasu

(Joko Sujono, 2004 dalam Igel Malen Puspa, 2006).

**HASIL ANALISIS**

**Lokasi Penelitian**

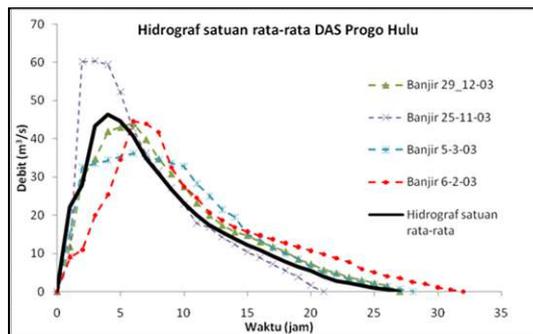
Das Progo bagian hulu memiliki luas 1803,298 km<sup>2</sup> dengan outlet merupakan AWLR Kalibawang dan mempunyai stasiun hujan berjumlah 14 buah. Gambar 2 menunjukkan DAS Progi bagian hulu dan posisi stasiun hujan.



**Gambar 2.** DAS Progo Bagian Hulu

**Hidrograf Satuan Terukur dan Debit Rancangan**

Hidrograf satuan diturunkan dari beberapa kasus banjir, terutama dipilih banjir yang cukup besar sehingga apabila hujan efektif yang diperoleh hanya satu tidak diperoleh hidrograf satuan yang lebih besar dari hidrograf limpasan langsung. Penurunan hidrograf satuan dari beberapa kasus banjir ini menggunakan cara Collins. Perataan hidrograf satuan dilakukan dengan merata-takan waktu untuk mencapai puncak (*time to peak*), debit puncak dan *time base* dari masing-masing hidrograf satuan dan kemudian dikoreksi agar setara dengan hujan efektif 1 mm. Berikut ditampilkan hidrograf satuan rata-rata pada DAS Progo Hulu.



**Gambar 3.** Hidrograf Satuan Terukur Rata-rata DAS Progo Bagian Hulu

Dari hidrograf satuan yang diperoleh di atas maka dapat ditentukan debit banjir rancangan dengan kala ulang 20 dan 50 tahun dengan memasukkan hujan rancangan efektif ke dalam hidrograf satuan terukur sehingga dapat diperoleh debit banjir rancangan yang diinginkan. Pada penelitian ini diperoleh debit banjir rancangan 1232,22 m<sup>3</sup>/det untuk kala ulang 20 tahun dan 1570,39 m<sup>3</sup>/det untuk kala ulang 50 tahun.

**Debit Banjir Rancangan Existing**

Perhitungan analisis frekuensi debit rancangan dilakukan dengan kala ulang yang telah ditetapkan yaitu 20 tahun dan 50 tahun. Data debit yang digunakan untuk analisis frekuensi ini berkisar antara 10 sampai 20 tahun dan pemilihan data dilakukan berdasarkan ketersediaan panjang data debit. Untuk data yang kurang panjang dilakukan pemilihan data dengan *partial series* sedangkan untuk data yang dianggap cukup panjang dilakukan pemilihan berdasar data debit ekstrem di lapangan. Hasil analisis frekuensi debit ini akan dijadikan acuan dalam perhitungan kesalahan relatif. Hasil perhitungan debit rancangan eksisting dimana diperoleh debit untuk kala ulang 20 tahun adalah 992,05 m<sup>3</sup>/det dan kala ulang 50 tahun adalah 1242,45 m<sup>3</sup>/det.

**Kesalahan Relatif**

Setelah diperoleh debit hasil penerapan hidrograf satuan, langkah selanjutnya mencermati penyimpangannya bila dibandingkan dengan besaran hasil analisis fre-

kuensi data debit. Persamaan yang dipergunakan adalah berikut ini (Yue dan Hashino, 1999 dalam Ika Tyasning Yudiyanti, 2006).

$$RE_{(n)} = \frac{Q_{HS_n} - Q_{AF}}{Q_{AF}} \times 100 \% \quad \dots\dots (1)$$

dengan :

$RE_{(n)}$  = kesalahan relatif tiap kasus banjir,

$Q_{HS_n}$  = debit banjir rancangan dengan hidrograf satuan ( $m^3/s$ ),

$Q_{AF}$  = debit banjir rancangan dengan analisis frekuensi ( $m^3/s$ ),

$n$  = jumlah kasus debit banjir.

Dari hasil analisis debit rancangan dari hidrograf satuan terukur rata-rata dan debit rancangan dari data debit existing maka diperoleh seperti Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1** Kesalahan Relatif

Kala Ulang (Tahun)	Debit rancangan dari HS terukur ( $m^3/det$ )	Debit rancangan dari debit existing ( $m^3/det$ )	Kesalahan relatif (%)
20	1232,22	992,049	24,21
50	1570,39	1242,466	26,39

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Debit banjir rancangan dengan kala ulang 20 dan 50 tahun yang dihitung menggunakan hidrograf satuan terukur rata-rata memiliki kesalahan relatif secara berurutan 24,21 % dan 26,39 % apabila dibandingkan dengan debit banjir rancangan yang dihitung menggunakan debit banjir eksisting. Hal ini dapat diakibatkan bahwa data yang tercatat di AWLR DAS Progo Hulu sudah berkurang oleh adanya pengambilan air irigasi di hulu atau sebelum AWLR.

**Saran**

Perlu dilakukan perhitungan hidrograf satuan terukur dengan jumlah kejadian banjir yang lebih banyak sehingga diharapkan dapat diperoleh hasil yang lebih baik.

**DAFTAR PUSTAKA**

A. Rahman, Weinmann, P. E., Hoang, T. M. T., Laurenson, E. M., 2002,

Monte Carlo Simulation of Flood Frequency Curves From Rainfall, *Journal of Hydrology* 256, 196210.  
 Igel Malen Puspa, 2006, Analisis Ketelitian Debit Banjir Rancangan dan Aliran Rendah Berdasarkan Perbedaan Kerapatan Stasiun Hujan, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.  
 Ika Tyasning Yudiyanti, 2006, Hubungan Antara Debit Puncak Terukur dan Debit Puncak Terhitung Dengan Hidrograf Satuan Tiap Kala Ulang, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.  
 Sri Harto, 1993, *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.  
 Sri Harto BR., 2000, *Hidrologi : Teori, Masalah, Penyelesaian*, Nafiri Offset, Yogyakarta.  
 Sri Harto BR, 2001, Some Typical Catchment Parameters And Flow Components Of Rivers On The Island Of Java, *Forum Teknik.*, Jilid 25 No. 23