

**PERBANDINGAN HIDROGRAF SATUAN AMATAN DAN HIDROGRAF  
SATUAN SINTESIS  
(DAS MAROS SUB DAS MAROS TOMPUBULU)**

**M. Agusalim<sup>1</sup> Abd. Rakhim Nanda<sup>2</sup> Soemitro Emin Praja<sup>3</sup> Erwin Syah<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia  
Email : m.agusalim2@gmail.com

<sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia  
Email : rahim\_nanda@yahoo.co.id

<sup>3</sup>Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia  
Email : soemitroeminpraja@gmail.com

<sup>4</sup>Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia  
Email : erwinskyah@gmail.com

**Abstrak**

Tujuan penelitian untuk mengetahui persentase perbedaan hasil perhitungan antara hidrograf satuan amatan (Metode Collins) dengan metode hidrograf satuan sintesis (Metode Snyder) dan (Metode Nakayasu), untuk mengetahui parameter-parameter yang digunakan dalam kedua metode tersebut mengakibatkan perbedaan debit puncak ( $Q_p$ ), waktu mencapai puncak ( $T_p$ ) dan waktu dasar ( $T_b$ ) pada kedua metode tersebut. Dari hasil penelitian ini, maka kami dapat menarik beberapa kesimpulan terkait Penerapan Metode HS Collins dan HSS Snyder Pada DAS Maros sub DAS Maros-Tompobulu yaitu, kedua metode yang digunakan dalam tugas akhir ini memiliki parameter yang berbeda dalam pengaruh terhadap perubahan waktu mencapai puncak dan debit puncak. Pada metode HS Collins parameter  $L_c$  menjadi sangat berpengaruh untuk perubahan waktu mencapai puncak. Dan pada metode HS Snyder parameter  $a$  dan  $t_g$  yang menjadi sangat berpengaruh untuk perubahan waktu mencapai puncak.

**Kata Kunci : Hidrograf, Desain Banjir, Observasi, Sintesis**

**Abstract**

The objective of the research is to know the percentage of difference of calculation result between hydrograph unit observation (Method of Collins) with synthesis unit synthesis method (Snyder Method) and (Nakayasu Method) , To know the parameters used in both methods resulted in difference of peak discharge ( $Q_p$ ), peak time ( $T_p$ ) and base time ( $T_b$ ) in both methods. And the results of the observase, we can draw some conclusions related to the Implementation of HS Collins and HSS Snyder Methods In Maros Maros-Tompobulu Maros Watershed, that is, the two methods used in this final project have different parameters in influence on the change Time reaches peak and peak discharge. In the HS Collins method the  $L_c$  parameter becomes very influential for the peak time change. And on HS Snyder method parameters  $a$  and  $t_g$  which become very influential for time change reaches peak.

**Keywords: Hydrograph, Flood design, Observation, Synthesis**

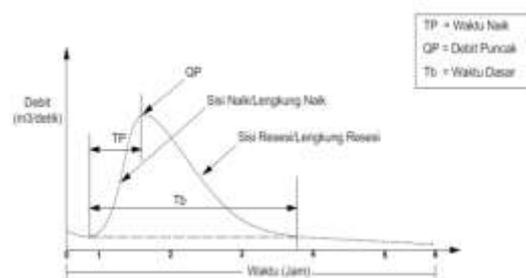
## PENDAHULUAN

Banjir rancangan (*design flood*) adalah salah satu besaran rancangan untuk suatu rencana pembuatan bangunan air atau bangunan yang keberadaannya (fungsi operasi dan stabilitas) dipengaruhi oleh karakteristik aliran banjir. Banjir rancangan dapat diperoleh melalui kegiatan analisis hidrologi yang secara umum hasilnya dapat berupa debit banjir maksimum, volume banjir, ataupun atau hidrograf banjir. Dalam hal ini, banjir rancangan merupakan debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas untuk mendimensi bangunan-bangunan air (termasuk bangunan di sungai), sedemikian hingga kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Sri Harto, 1993).

## Hidrograf

1) Bambang Triadmojo (2008) membagi hidrograf menjadi tiga komponen, diantaranya yaitu sisi naik (*rising limb*). Sisi naik (*rising limb*) bagian antara waktu nol (0) dan waktu puncak. Sisi turun (*recession limb*) adalah bagian hidrograf yang menurun antara waktu puncak dan waktu dasar. Waktu dasar (*time base*) adalah waktu

yang diukur dari waktu nol sampai dimana sisi turun berakhir. Selain itu komponen hidrograf dapat ditandai dengan tiga komponen sifat pokoknya, yaitu naik (*time of rise*), debit puncak (*peak discharge*) dan waktu dasar (*base time*).



**Gambar 1.** Komponen Hidrograf

## Hidrograf Satuan

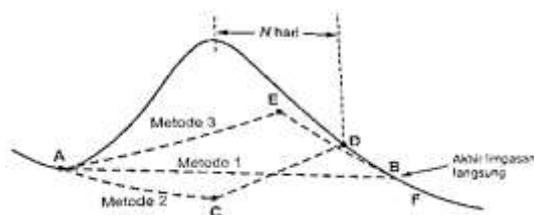
Sherman (1932), mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hili DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu.

- 1) Hidrograf banjir berpuncak tunggal, hal ini dimaksud untuk mempermudah analisis.
- 2) Hujan penyebab banjir terjadi merata di seluruh DAS, hal ini dipilih untuk memenuhi kriteria teori hidrograf satuan.
- 3) Dipilih kasus banjir dengan debit puncak yang relatif cukup besar.

Berdasarkan kriteria tersebut maka akan terdapat beberapa kasus banjir. Untuk masing –masing kasus banjir diturunkan hidrograf satuannya. Hidrograf satuan yang dianggap mewakili DAS yang ditinjau adalah hidrograf satuan rerata yang diperoleh dari kasus banjir tersebut.

### Penurunan Hidrograf Satuan

Bambang Triadmojo (2008), berpendapat untuk menurunkan hidrograf satuan diperlukan data hujan dan debit aliran berkaitan. Prosedur penurunan hidrograf satuan adalah sebagai berikut ini :



**Gambar 2:** Pemisahan Aliran Dasar

- 1) Memisahkan aliran dasar dari hidrograf limpasan langsung, ada beberapa metode dalam pemisahan aliran dasar diantaranya:

- a) Cara paling sederhana adalah dengan menarik garis lurus dari titik dari titik dimana aliran langsung mulai terjadi (A) sampai akhir dari aliran langsung (B). Apabila titik tidak diketahui, maka garis horizontal dari titik (A).
- b) Cara kedua adalah membuat garis yang merupakan perpanjangan kelanjutan dari aliran dasar sampai titik (C) yang berada dibawa puncak hidrograf. Dari titik (C) kemudian ditarik garis lurus menuju titik (D) yang berada pada sisi turun yang berjarak (N) hari sesudah puncak. Nilai (N) dihitung dengan rumus berikut:

$$N = 0.8A^{0,2} \quad (1)$$

Dengan :

N: waktu (hari)  
 A: Luas DAS ( $km^2$ )

- c) Cara ketiga adalah menarik kurva resesi ke belakang yang berawal dari titik aliran langsung (B) sampai ketitik (E) dibawa titik balik.

Hubungkan titik (A) dengan garis lurus atau kurva sembarang.

Perbedaan nilai aliran dasar karena penggunaan beberapa cara tersebut relatif kecil dibanding dengan volume hidrograf limpasan langsung.

- 1) Dalam penurunan hidrograf satuan yaitu, menghitung luasan dibawah hidrograf limpasan langsung yang merupakan volume aliran permukaan. Volume aliran tersebut dikonversi menjadi kedalaman aliran diseluruh DAS.
- 2) Ordinat dari hidrograf limpasan langsung dibagi dengan kedalaman aliran, yang menghasilkan hidrograf satuan dengan durasi sama dengan durasi hujan.
- 3) Menetapan hujan efektif untuk memperoleh hidrograf dilakukan dengan menggunakan indeks-infiltrasi. Perkiraan dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh parameter DAS yang secara hidrologi dapat diketahui pengaruhnya terhadap indeks-infiltrasi. Persamaan pendekatannya sebagai berikut :

$$\phi = 10,4003.3,85910^{-6}A^2 + 1,6985.10^{-13}(A/SN)^4 \dots(2)$$

Untuk memperkirakan aliran dasar dipergunakan persamaan pendekatan

berikut ini :

$$QB = 0,4751A^{-0.1491}D^{0,9430} (m^3/dtc) \dots (3)$$

Sedangkan dalam menetapkan hujan rata-rata DAS, perlu mengikuti cara-cara yang ada. Tetapi bila dalam praktek analisis tersebut sulit, maka disarankan menggunakan cara yang mengalikan hujan titik dengan

faktor reduksi hujan, sebesar :

$$B = 1,5518 A^{-0,1491} N^{-0,2725} SIM^{0,0259} S^{-0,0733} \dots(4)$$

Berdasarkan persamaan di atas maka dapat dihitung besar debit banjir setiap jam dengan persamaan :

$$Qp = (Qt * Re) + QB (m^3/dtc) \dots(5)$$

Dimana :

- Qp = debit banjir setiap jam (m<sup>3</sup>/dtk)
- Qt = debit satuan tiap jam (m<sup>3</sup>/dtk)
- Re = curah hujan efektif (mm/jam)
- QB = aliran dasar (m<sup>3</sup>/dtk)

### **Hidrograf Satuan Pengamatan Metode Collins**

Hidrograf satuan yang dihitung dari suatu kasus banjir belum merupakan hidrograf yang mewakili DAS yang bersangkutan. Oleh sebab itu diperlukan hidrograf satuan yang diturunkan dari sebuah kasus banjir, kemudian dirata-rata. Namun tidak ada petunjuk tentang berapa jumlah kasus banjir yang diperlukan untuk memperoleh hidrograf satuan ini.

Adapun tahapan penentuan hidrograf satuan dengan metode Collins dalam analisis banjir rancangan pada DAS Maros Sub Das Maros-Tompobulu di ilustrasikan dalam gambar 2 dan disertai penjelasan sebagai berikut:

- 1) Memilih data hujan jam-jaman otomatis dan hidrograf aliran terukur di DAS Maros
- 2) Memisahkan aliran dasar dan hidrograf limpasan langsung (HLL) dengan metode *strigh line*
- 3) Menetapkan nilai hujan efektif dengan metode indeks infiltrasi ( $\phi$  indeks)
- 4) Menetapkan sebuah hidrograf satuan perkiraan awal dengan menetapkan ordinat-ordinatnya dengan besaran tertentu (UH-1).

- 5) Menentukan hidrograf limpasan langsung akibat hujan efektif jam-jaman kecuali untuk hujan terbesar.
- 6) Jumlahkan semua hidrograf limpasan langsung (HLL) ini dan hasilnya dikurangkan dengan hidrograf langsung terukur. Selisi hidrograf limpasan langsung yang didapatkan dibagi dengan hujan efektif jam-jaman yang maksimum. Hasilnya adalah hidrograf satuan baru (UH-2).
- 7) Hitung rerata UH-1 dan UH-2 sebagai UH-3 dan amati apakah cukup dekat dengan UH-1.
- 8) Apabila masih belum cukup dekat, ulangi langkah (4) sampai dengan langkah (7) dengan mengambil UH-3 sebagai hidrograf satuan perkiraan awal yang baru. Prosedur ini diulangi sampai didapat hasil UH-3 yang cukup dekat dengan UH-1.

Berdasarkan hasil perhitungan hidrograf satuan pengamatan, kemudian diukur besaran  $Q_p$ ,  $T_p$ , dan  $T_b$ , kemudian dirata-ratakan. Pada hujan kompleks (bukan hujan tunggal), penurunan sebaiknya di-kerjakan dengan metode Collins untuk menghindari kesalahan beruntun (Sri Harto, 1993).

Hidrograf satuan sintesis (HSS) Snyder pertama kali dikembangkan oleh Snyder (1938) di Amerika Serikat. Snyder mengembangkan rumus empiris dengan koefesien-koefesien yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik daerah pengaliran. Pendekatan asli dikemukakan oleh Snyder memiliki empat parameter yaitu waktu keterlambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut ini (Gupta, 1989).

Snyder membuat rumusan sebagai berikut :

$$t_p = C_t (LL_c)^{n=0,3} \dots\dots\dots(6)$$

$$Q_p = \frac{C_p A}{T_p} \dots\dots\dots(7)$$

$$T = 3 + \frac{t_p A}{8} \dots\dots\dots(8)$$

$$t_D = \frac{t_p}{5,5} \dots\dots\dots(9)$$

Apabila durasi hujan efektif  $t_r$ , tidak sama dengan durasi standar  $t_D$ , maka :

$$t_{pR} = t_p + 0,25 (t_r - t_D) \dots\dots\dots (10)$$

$$Q_{pR} Q_p \frac{T_p}{T_{pR}} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana

$t_p$  : waktu dari titik berat hujan efektif ke puncak hidrograf satuan

$C_t$  : Koefesien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 1,4 sampai 1,7

$L$  : Panjang sungai terhadap titik kontrol yang ditinjau (km)

$Q_p$ : Debit puncak durasi untuk  $t_D$

$L_c$  : Panjang DAS utama dari titik berat / kontrol hujan bertepatan ke puncak hidrograf

$C_p$  : Koefesien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

$t_D$  : Durasi standar dari hujan efektif (jam)

$t_{pR}$  : Waktu dari titik berat durasi hujan efektif  $t_r$  ke puncak hidrograf satuan (jam)

$t_r$  : Durasi Hujan Efektif (jam)

$Q_{pR}$ : Debit Puncak untuk durasi  $t_r$

**Hidrograf Satuan Sintesis**

Soemarto (1987), berpendapat dalam teori klasik tentang hidrograf satuan sintesis merupakan penerapan dari sistem linear dalam bidang hidrologi.

Keempat dalil tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Prinsip merata adalah hidrograf satuan ditimbulkan oleh satuan hujan lebih yang terjadi merata di seluruh DAS, selama waktu yang ditetapkan.
- 2) Prinsip waktu dasar konstan dalam suatu DAS adalah hidrograf satuan

yang di hasilkan oleh hujan-hujan efektif dalam waktu yang sama akan mempunyai waktu dasar,tanpa melihat insensitas hujan.

- 3) Prinsip linearitas adalah besaran limpasan langsung pada suatu DAS berbanding lurus terhadap tebal hujan efektif, yang berlaku bagi semua hujan dengan waktu yang sama.
- 4) Prinsip super posisi adalah total hidrograf limpasan langsung yang disebabkan oleh beberapa kajian hujan yang terpisah merupakan penjumlahan dari tiap tiap hidrograf satuan.

**Metode Satuan Sintesis Snyder**

Sebagai subject study pendukung penelitian, maka salah satu metode yang akan digunakan sebagai pembanding adalah hidrograf satuan sintesis adalah metode satuan sintesis snyder.

Snyder membuat rumusan sebagai berikut :

$$t_p = C_t (LL_c)^{n=0,3} \dots\dots\dots (6)$$

$$Q_p = \frac{C_p A}{T_p} \dots\dots\dots (7)$$

$$T = 3 + \frac{t_p A}{8} \dots\dots\dots (8)$$

$$t_D = \frac{t_p}{5,5} \dots\dots\dots (9)$$

Apabila durasi hujan efektif  $t_r$ , tidak sama dengan durasi standar  $t_D$ , maka :

$$t_{pR} = t_p + 0,25 (t_r - t_D) \dots\dots\dots 10)$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{T_p}{T_{pR}} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

$t_p$  : waktu dari titik berat hujan efektif ke puncak hidrograf satuan

$C_t$  : Koefesien yang tergantung pada karesteristik DAS, yang bervariasi antara 1,4 smapai 1,7

$L$  : Panjang sungai terhadap titik kontrol yang ditinjau (km)

$Q_p$ : Debit puncak durasi untuk  $t_D$

$L_c$  :Panjang DAS utama dari titik berat / kontrol hujan bert efekti ke puncak hidrograf

$C_p$  : Koefesien yang tergantung pada karesteristik DAS,yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

$t_D$  : Durasi standar dari hujan efektif (jam)

$t_{pR}$  : Waktu dari titik berat durasi hujan efektif  $t_r$  ke puncak hidrograf satuan (jam)

$t_r$  :Durasi Hujan Efektif ( jam )

$Q_{pR}$ : Debit Puncak untuk durasi  $t_r$

**METODE PENELITIAN**

**Lokasi Penelitian**

Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros secara administratif terletak di wilayah Kabupaten Maros dan Kabupaten Gowa

di provinsi Sulawesi Selatan, tepatnya berada di Kecamatan Marusu, Maros Baru, Turikale, Mandai, Tanrilili, Simbang, dan Bantimurung serta Cenrana dan Tompobulu Kabupaten Maros dan Kecamatan Tinggi Moncong Kabupaten Gowa. Dan secara geografis terletak antara  $4^{\circ} 58' 40''$  LS dan  $119^{\circ} 55' 38''$  BT.

### **Pengumpulan Data**

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data-data skunder yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Pompengan Provinsi Sulawesi Selatan, Data yang dimaksud seperti:

- 1) Peta Topografi Das Maros Sub Das Maros-Tompobulu
- 2) Karakteristik Das Maros Sub Das Maros-Tompobulu
  - a) Luas Das
  - b) Panjang sungai
  - c) Kemiringan sungai

### 3) Data Curah Hujan

Data curah hujan diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Pompengan Provinsi Sulawesi Selatan.

### 4) Data AWLR

Data Automatic Water Level Recorder (AWLR) berupa data tinggi muka air di peroleh dari Balai Wilayah Sungai Pompengan Provinsi Sulawesi-Selatan.

### **Metode Analisis Data**

Metode Analisis Data menggunakan Hidrograf Satuan Metode Collins dan Metode Snyder dengan langkah-langkah sebagai berikut:

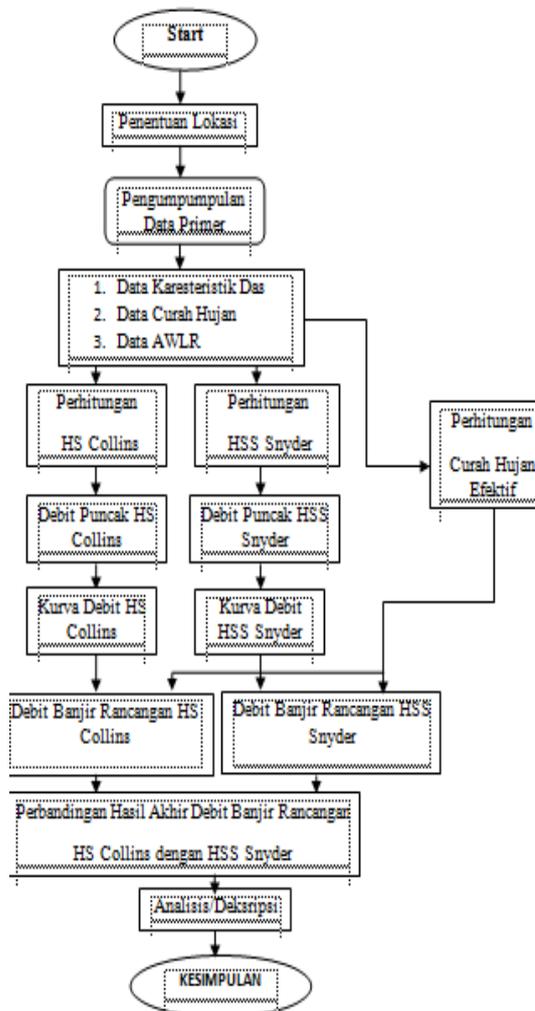
1) Analisis Hidrograf Satuan Collins Merujuk pada pembahasan pada bab dua tentang pembahasan Hidrograf Satuan Sintesis, sesuai apa yang tertera pada bab dua, maka ada beberapa komponen penunjang secara umum dalam analisis HS Collins diantaranya:

- a) Memilih data hujan jam-jaman otomatis
- b) Menganalisa volume limpasan
- c) Menganalisa indeks infiltrasi ( $\phi$ -indeks)
- d) Menganalisa komponen hidrograf dan perhitungan hujan efektif

Analisis Hidrograf Satuan Sintesis Snyder

- a) Mengukur Luas das sungai dalam hal ini Das Maros A (Km<sup>2</sup>)
- b) Mengukur Panjang Alur Karakteristik Das Maros Sub Das Maros-Tompobulu L(Km)
- c) Menentukan jarak titik berat Das dengan titik tinjau (Lc)

**Flow Cart Penelitian**



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

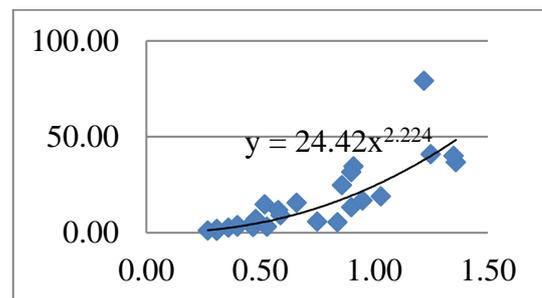
**Penentuan Lengkung Debit**

Lengkung aliran debit (Discharge Rating Curve), adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air dan debit pada lokasi penampang sungai tertentu. Debit sungai adalah volume air yang melalui penampang basah sungai

dalam satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan m<sup>3</sup>/detik atau l/detik.

Lengkung aliran dibuat berdasarkan data pengukuran aliran yang dilaksanakan pada muka air dan waktu yang berbeda-beda. Kemudian data pengukuran aliran tersebut digambarkan pada kertas aritmetik atau kertas logaritmik, tergantung pada kondisi lokasi yang bersangkutan. Tinggi muka air digambarkan pada sumbu vertikal sedang debit sumbu horizontal.

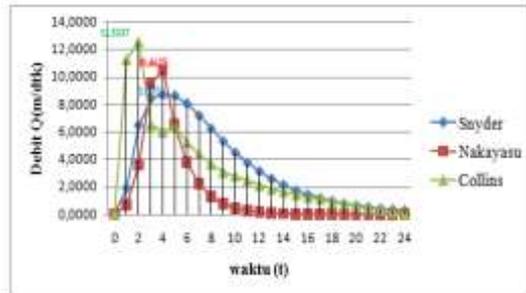
Dari data pengukuran debit pada tabel 1 dapat dibuat grafik sebagai berikut. Dari hasil data debit maksimum tahunan dibuat lengkung debit dengan menggunakan grafik linear regresi sehingga muncul persamaan dari grafik tersebut yakni  $Q = (a \times H)^b$



**Analisis Hasil Perbandingan Hs Amatan Dan Hss**

Sebagaimana yang dibahas pada bab I tentang rumusan masalah, yang menjadi indikator dalam perbandingan Hidrograf

Satuan Amatan dan Hidrograf Satuan Sintesis maka di peroleh analisis perbandingan pada grafik dibawah ini:



**Gambar 3** : Debit Banjir Rancangan HS dan HSS

Dari gambar kurva diatas kita dapat melihat perbandingan hasil perhitungan Debit Puncak Metode Hs Collins, Hss Snyder dan Nakayasu. Di gambar tersebut terlihat perbedaan yang cukup signifikan antara debit puncak Hs Collins dan Hss Snyder dan Nakayasu. Dari hasil perhitungan debit puncak, didapatkan  $Q_p$  untuk metode Hs Collins pada jam (tp) 02.00 =  $12,5337 \text{ m}^3/\text{detik}$  sedangkan untuk metode HSS Nakayasu didapatkan  $Q_p$  jam (tp) 3,12 =  $10,4625 \text{ m}^3/\text{detik}$ , untuk Hss Snyder pada jam (tp) 3,68 di peroleh  $Q_p = 8,653 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan selisih  $Q_p$  antara Hs Collins dan Nakayasu pada =  $2,0712 \text{ m}^3/\text{detik}$ , sedangkan selisih antara Hs Collins dan Hss Snyder  $3,8384 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan perhitungan dalam tugas akhir ini, maka kami dapat menarik beberapa kesimpulan terkait Penerapan Metode HS Collins dan HSS Snyder Pada DAS Maros sub DAS Maros-Tompobulu yaitu

- 1) Kedua metode yang digunakan dalam tugas akhir ini masing-masing memiliki parameter yang berbeda dalam pengaruh terhadap perubahan waktu mencapai puncak dan debit puncak. Pada metode HS Collins parameter  $L_c$  menjadi sangat berpengaruh untuk perubahan waktu mencapai puncak. Dan pada metode HS Snyder parameter  $\alpha$  dan  $t_g$  yang menjadi sangat berpengaruh untuk perubahan waktu mencapai puncak.
- 2) Dengan melihat hasil yang didapatkan dari perhitungan dan pembahasan, maka dapat dianggap bahwa metode HS Collins dan HSS Snyder dapat digunakan dalam menentukan debit banjir rancangan pada DAS Maros sub DAS Tompobulu.

Tetapi untuk memastikannya diperlukan penelitian lebih lanjut.

### **Saran**

Sebagai penutup tulisan ini, kami ingin menyampaikan beberapa saran kepada seluruh pihak terkait tugas akhir kami ini yaitu :

### **Daftar Pustaka**

- Harto, S., 1993 *Analisis Hidrologi*, P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Linsley Jr, R.K., M.A., Paulus, J.L.H., (1989), *Hidrologi untuk Insinyur*, Edisi ketiga, (diterjemahkan oleh : Yandi Hermawan), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Rakhim, Abd, 1998, *Analisis Hidrograf Satuan untuk Menghitung Debit Banjir Rancangan (Studi Kasus di DAS Jeneberang, Sulawesi Selatan)*, Thesis, Universitas Brawijaya, Malang.
- Seyhan, E., 1977, *Dasar – Dasar Hidrologi*, (diterjemahkan oleh : Subagyo. S), Gajah Mada University, Yogyakarta.
- Sosrodarsono, D., Tekad, K 1983, *Hidrologi untuk Pengairan*, Pradnya Pramitra, Jakarta.
- Trimatdjo, Bambang, (2008), *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Wilson, E.M., 1993, *Hidrologi Teknik*,

(diterjemahkan oleh : Marjuki. A), Penerbit Erlangga, Jakarta.

Anonymous, *Analisis Hidrologi Banjir Rancangan (Design Flood)*, Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik UGM, diakses 15 Januari 2016)