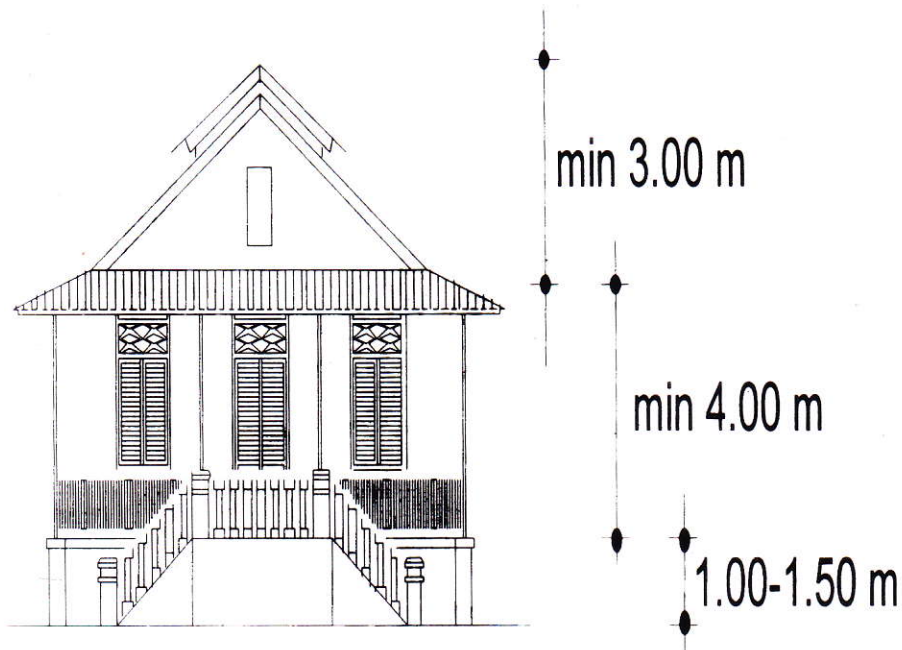


Ir. Barry Labdul, MT

ISSN : 1693 – 6191

# JURNAL TEKNIK



Volume 9, No. 2. Desember 2011

Diterbitkan oleh:

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

# JURNAL TEKNIK

Volume 9, No. 2, Desember 2011 – ISSN : 1693 – 6191

- Pengarah** : Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo
- Penanggung Jawab** : Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo
- Ketua** : Rifadli Bahsuan, ST, MT.
- Sekretaris** : Irwan Wunarian, ST, MSI.
- Bendahara** : Marike Mahmud, S.T., M.Si.
- Anggota** : Yuliyanti Kadir, ST, MT.  
Yasin Muhammad, ST, MT.  
Darwis Hineho, ST, MT.  
L. Ningrayati Amali, S.Kom, M.Kom.  
Hasmah, S.Pd.  
Harley Rizal Lihawa, ST, MT.
- Reviewer untuk Edisi ini** : Harley R. Lihawa, ST, MT  
Rifadli Bahsuan, ST, MT  
Yuliyanti Kadir, ST, MT  
Arip Mulyanto, S.Kom, M.Kom
- Pelaksana Tata Usaha** : Alexander Badjuka, A.M.d.  
Charles Mopangga, S.Pd.  
Laswi Kamali, A.Md.  
Sri Ninang Hadjarati, A.Md.

JURNAL TEKNIK adalah jurnal ilmiah Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Jurnal ini diterbitkan sebagai wadah komunikasi ilmiah penyebar luasan hasil-hasil penelitian, maupun kajian ilmiah di dalam bidang Teknik Sipil, Teknik Elektro, Teknik Informatika, Teknik Kriya, Teknik Arsitektur, dan Teknik Industri serta bidang teknik terkait lainnya. Jurnal terbuka bagi civitas akademika Universitas Negeri Gorontalo, maupun masyarakat akademis pada umumnya, dan diterbitkan setiap bulan Juni dan Desember. Terbit pertama kali pada bulan Juni 2003.

Redaksi berhak menetapkan tulisan yang akan dimuat, mengadakan perubahan susunan naskah, memperbaiki bahasa, meminta penulis untuk memperbaiki naskah, dan menolak naskah yang tidak memenuhi syarat.

Kalibrasi Koefisien Parameter Model Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1

Pada Sub Das Bionga Kayubulan

Harry Y. Labdul, Rawiyah Th. Husnan, dan Suwandy K. Idji

120

Pengaruh Debit Dan Tss Terhadap Konsentrasi Merkuri Di Sedimen Melayang Di Sungai Tulabolo

Marike Mahmud

134

Analisis Kebutuhan Pembangunan Perumahan Dan Permukiman Yang Layak Huni Di Kota Gorontalo

Lydia Surijani Tatura

150

Pengaruh Arsitektur Kolonial Terhadap Rumah Panggung Era Tahun 1890-An Sampai Tahun 1930-An Di Gorontalo

Nurmaningsih Nico Abdul

160

Analisis Stabilitas Terowongan Dengan Simulasi Numeris Indriati Martha Patuti

170

Perbaikan Agregat Kasar (Bantak) Berabrasi Tinggi Dengan Menggunakan Buton Granullar Asphalt (BGA)

Fricee L. Desei

18

Sistem Pendukung Keputusan Kompetensi Pegawai (Studi Kasus Di LPMP Gorontalo)

Dian Novian

20

Daftar Intisari dan Abstrak Jurnal Teknik Vol.9, No. 1, Juni 2011

21

Sampul Depan: Organisasi Ruang Vertikal (artikel halaman 167)

## KALIBRASI KOEFISIEN PARAMETER MODEL HIDROGRAF SATUAN SINTETIK GAMA 1 PADA SUB DAS BIONGA KAYUBULAN

Barry Y. Labdul<sup>1</sup>, Rawiyah Th. Husnan<sup>1</sup>, dan Suwandy K. Idji<sup>2</sup>

### Intisari

Penurunan hidrograf satuan dari hidrograf banjir teramati merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan bangunan air. Namun, kendala yang dihadapi adalah sulitnya mendapatkan data hidrograf banjir pengamatan, maka berkembanglah penurunan hidrograf yang dikenal dengan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS). Salah satu HSS yang sering digunakan adalah HSS Gama 1 yang dikembangkan berdasarkan pendekatan empiris di Pulau Jawa dan bersifat setempat sehingga penggunaannya memerlukan pengujian keberlakuannya seperti pada sub DAS Bionga kayubulan.

Pemisahan aliran dasar dengan limpasannya digunakan metode *Straight Line* sehingga menghasilkan hidrograf limpasan langsung. Untuk menghitung hujan efektif dilakukan dengan menggunakan persamaan  $\Phi$  Indeks. Hidrograf limpasan langsung dan hujan efektif diturunkan menjadi hidrograf satuan pengamatan dengan menggunakan metode *Collins*. Dilakukan uji penyesuaian HSS Gama 1 terhadap hidrograf satuan pengamatan. Jika pengujian menunjukkan perbedaan yang besar dilakukan penyesuaian koefisien parameter HSS Gama 1 dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel-Solver.

Hidrograf satuan pengamatan pada sub DAS Bionga Kayubulan memiliki waktu puncak (TR) sebesar 4,5 jam dengan debit puncak (QP) sebesar  $2,81 \text{ m}^3/\text{dt}$  sedangkan dari analisa HSS Gama 1 memiliki TR sebesar 2,84 jam dan QP sebesar  $4,07 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Hasil uji kesesuaian menunjukkan bahwa pendugaan HSS Gama 1 Penyesuaian lebih baik dari HSS Gama 1 sebelum disesuaikan. Nilai CE sebelum disesuaikan adalah 0,20 dan setelah disesuaikan menjadi 0,95. Nilai EV sebelum disesuaikan adalah 26,03% dan setelah disesuaikan menjadi 6,52 %. Selain itu nilai EQP sebelum disesuaikan adalah 44,96% dan setelah disesuaikan menjadi 0% serta nilai AETr sebelum disesuaikan adalah 1,66 jam dan setelah disesuaikan menjadi 0 jam.

**Kata Kunci:** Penyesuaian Koefisien, HSS Gama 1

### Abstract

*The decrease of unit hydrograph from observed flood hydrograph is an important factor in the planning of water building. However, the problem obstacle found is about the difficulty in obtaining the hydrograph data of flood observation, then the decrease of hydrograph is developed and known as synthetic unit hydrograph (SUH). One of the SUH which is often used is GAMA 1. It is developed in Java based on empirical and local approach as a result, the use of GAMA 1 requires a proper test as in sub watershed located in Bionga Kayubulan.*

*The process of separating the base flow and its run off uses Straight Line Method, that results a Direct Run Off (DRO). The effectiveness of rain is counted through  $\Phi$  Index. DRO and effective rain get decreased into Observation Unit Hydrograph (OUH) by applying Collins Method. Furthermore, the adjustment test of GAMA 1 is conducted toward OUH. If the test indicates a significant difference of result, then the parameter coefficient of GAMA 1 is adjusted by using software Microsoft Excel-Solver.*

<sup>1</sup>Ir. Barry Y. Labdul, MT., Ir. Rawiyah Th. Husnan, MT., Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo

<sup>2</sup>Suwandy K. Idji., Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo

*The time of rise (TR) of OUH in watershed Bionga Kayubulan is 4,5 hours and the peak discharge (QP) is 2,81 M<sup>3</sup>/sec. Whereas, based on the result of analysis, TR of GAMA 1 is 2,84 hours and QP is 4,07 m<sup>3</sup>/sec. The adjustment test result shows that the GAMA 1 approximation is better than the adjusted previous GAMA 1. The value of CE before being adjusted was 0,20 and after being adjusted it reaches 0,95. The value of EV before being adjusted was 26,03% and after being adjusted it becomes 6,52%. Moreover, the value of EQP before being adjusted was 44,96% and after being adjusted it get 0%. The value of the value of AETR before being adjusted was 1,66 hours and after being adjusted it is 0 hours.*

*Key words: The Coefficient Adjustment, Gama 1 Synthetic Unit Hydrograph*

**PENGANTAR**

Sejauh ini penentuan banjir rancangan yang dianggap sangat akurat adalah dengan metode penurunan hidrograf satuan dari hidrograf banjir terukur. Namun demikian, kendala utama yang dihadapi adalah sulitnya mendapatkan data hujan dan hidrograf banjir pengamatan terkait, yang disebabkan antara lain karena alat pencatatnya rusak, kelalaian petugas, data rusak sehingga tidak terbaca atau hilang, atau memang belum terpasangnya alat pencatatnya. Sehingga berkembanglah metode penurunan hidrograf yang didasarkan pada pengalirragaman hujan menjadi aliran baik akibat pengaruh translasi maupun tumpungan dan dipengaruhi oleh sistem daerah pengalirannya yang dikenal dengan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS).

Berbagai model HSS telah dikembangkan oleh para ahli, antara lain HSS Snyder (dikembangkan di USA, 1938), HSS Nakayasu (dikembangkan di Jepang, 1948), HSS Gama 1 (dikembangkan oleh Sri Harto, 1985) dengan lokasi penelitian di DAS di pulau Jawa, dan HSS Limantara (dikembangkan disebagian wilayah Indonesia, 2006). Model-model tersebut dikembangkan berdasarkan pendekatan empiris. Pendekatan empiris seringkali bersifat setempat, sehingga untuk diaplikasikan ditempat lain memerlukan pengujian keberlakuannya.

Oleh karena sifat dan karakteristik DAS di daerah tropis sangat bervariasi seperti halnya pada DAS Bionga, maka perlu dilakukan kajian mengenai aplikasi model HSS Gama 1 dan bila perlu dilakukan kalibrasi terhadap koefisien parameter-

dapat dihindari kegagalan bangunan air akibat dari penggunaan model secara "membabibuta".

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Penurunan Hidrograf Satuan Terukur Dengan Menggunakan Metode Collins**

Metode Collins merupakan cara untuk mendapatkan hidrograf satuan pengamatan dengan data hujan periode kompleks (Limantara, 2010).

Rumus estimasi terakhir ordinat hidrograf satuan adalah sebagai berikut:

$$U_e = (V * U^{**}) / (3600 * \sum U^{**}) \dots\dots\dots(1)$$

dengan

$$U^{**} = (U_i + F * U^*) / (1 + F) \dots\dots\dots(2)$$

$$U^* = dQ / R_{e_{maks}} \dots\dots\dots(3)$$

$U_e$  = ordinat hidrograf awal (m<sup>3</sup>/dt/mm)

$V$  = volume limpasan (m<sup>3</sup>)

$U_i$  = ordinat hidrograf pada jam ke-1 (m<sup>3</sup>/dt/mm)

$F$  = faktor kalibrasi

$U^*$  = ordinat hidrograf setelah dikoreksi (m<sup>3</sup>/dt/mm)

$DQ$  = ordinat hidrograf pengamatan (m<sup>3</sup>/dt/mm)

$R_{e_{maks}}$  = hujan efektif maksimum (mm)

**Model Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1**

Teori hidrograf satuan yang pertama kali dikembangkan oleh Sherman (1932) diartikan sebagai hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan maksimum satu satuan kedalaman yang tersebar merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap selama satu satuan waktu (Sri Harto, 1993).

Sri Harto, (2000) menyatakan bahwa hidrograf mempunyai dua andaian pokok

2. hidrograf satuan ditimbulkan oleh hujan yang terjadi merata selama waktu yang ditetapkan (*constant intensity*).

Landasan pemikirannya yaitu,

1. ordinat hidrograf satuan sebanding dengan volume hujan yang memimulkannya,
2. tanggapan DAS tidak tergantung dari waktu terjadinya masukan,
3. waktu dari akhir hujan sampai akhir hidrograf limpasan langsung selalu tetap.

Berdasarkan andaian di atas disimpulkan bahwa teori hidrograf satuan berdasarkan atas sistem yang *linear time invariant*.

Parameter yang diperlukan dalam analisa menggunakan HSS Gama I menurut Sri Harto (1993) antara lain:

1. Luas DAS (A)
2. Panjang alur sungai utama (L)
3. Panjang alur sungai ke titik berat DAS (Lc)
4. Kelandaian / *slope* sungai (S)
5. Kerapatan jaringan kuras (D)

Selain parameter di atas, masih ada parameter lain yang dipakai, antara lain:

1. Faktor sumber (SF)
2. Frekuensi sumber (SN)
3. Luas DAS sebelah Hulu (RUA)
4. Faktor simetri (SIM)
5. Jumlah pertemuan sungai (JN)

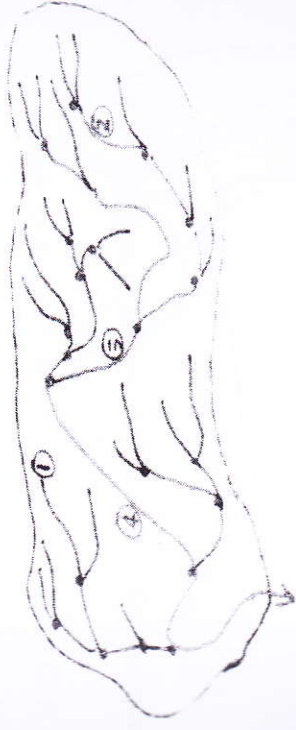
Definisi masing-masing parameter adalah sebagai berikut.

1. Kerapatan Jaringan Kuras/*Drainage Density* (D) merupakan perbandingan antara panjang total aliran sungai (jumlah panjang sungai semua tingkat) dengan luas DAS

Jika kerapatan jaringan kuras tinggi:

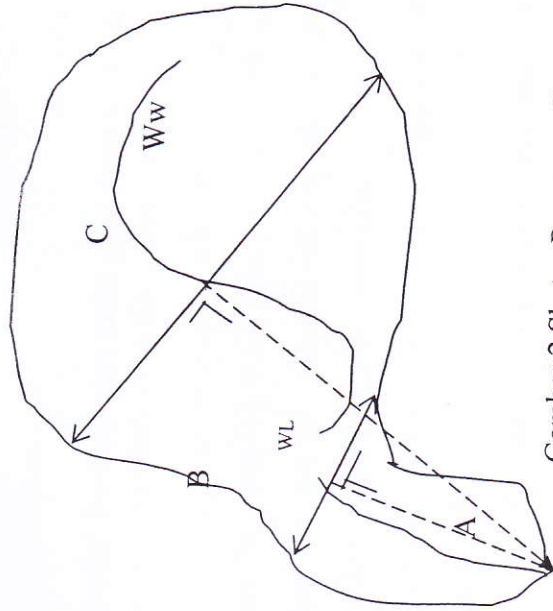
Jika kerapatan jaringan kuras rendah :

- a) DAS sulit dikeringkan
- b) Umumnya terjadi pada tanah yang tahan terhadap erosi (sangat lolos air).



Gambar 1. Sketsa Penetapan Tingkatan Sungai

2. Faktor Sumber (SF) merupakan perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat satu dengan jumlah panjang-panjang sungai semua tingkat. Kategori tingkat sungai menurut cara Stahler:
  - a) Sungai paling ujung adalah sungai tingkat satu.
  - b) Jika dua sungai yang sama tingkatnya bertemu maka terbentuk sungai tingkat lebih besar.
  - c) Jika sungai dengan suatu tingkat tertentu bertemu dengan sungai yang tingkat lebih rendah maka tingkat sungai mula-mula tidak berubah.
3. Frekuensi Sumber (SN) merupakan perbandingan jumlah pangsa sungai tingkat satu dengan jumlah pangsa sungai semua tingkat.
4. Faktor Lebar (WF) merupakan perbandingan antara lebar DAS yang diukur di titik sungai yang berjarak 0,75 L dan lebar DAS yang diukur di titik sungai berjarak 0,25 L dari titik kontrol (*outlet*)



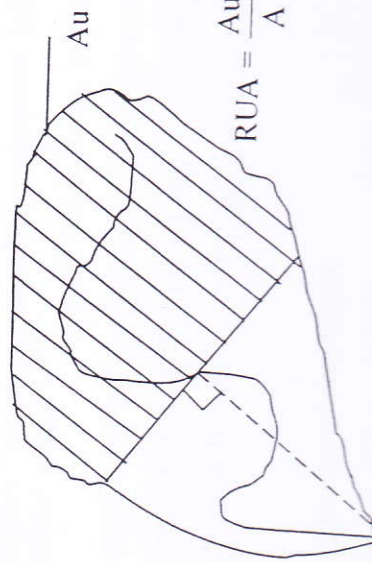
Gambar 2. Sketsa Penetapan WF

$A \sim B = 0,25 L$

$A \sim C = 0,75 L$

$WF = \frac{W_u}{W_l} \dots\dots\dots(4)$

5. Luas DAS sebelah Hulu (RUA) merupakan perbandingan antara luas DAS di sebelah hulu garis yang ditarik  $\perp$  garis hubung antara titik kontrol (*outlet*) dengan titik di sungai yang terdekat dengan pusat berat (titik berat) DAS.



$RUA = \frac{A_u}{A} \dots\dots\dots(5)$

$SIM = WF \times RUA \dots\dots\dots(6)$

a) Jika  $SIM \geq 0,50$ , berarti:

bentuk DAS melebar di sebelah hulu dan menyempit di hilir

b) Jika  $SIM < 0,50$  berarti:

bentuk DAS kecil di sebelah hulu dan melebar di sebelah hilir

Persamaan untuk menentukan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I

1.  $TR = 0,43 \left( \frac{L}{100 SF} \right)^3 + 1,0665SIM + 1,2775 \dots\dots\dots(7)$

2.  $TB = 27,4132TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574} \dots\dots\dots(8)$

3.  $Qp = 0,1836A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{0,2381} \dots\dots\dots(9)$

4.  $K = 0,5617A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452} \dots\dots\dots(10)$

5.  $Qt = Qp \cdot e^{-\frac{t}{k}} \dots\dots\dots(11)$

dengan:

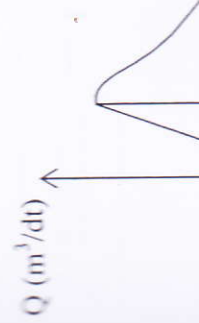
TR = waktu naik hidrograf (jam)

TB = waktu dasar hidrograf (jam)

Qp = debit puncak hidrograf ( $m^3/dt$ )

K = tumpangan (jam)

Qt = debit resesi hidrograf ( $m^3/dt$ )



### Uji Keesuaian Model HSS Gama I dengan Hidrograf Satuan Pengamatan

Perbandingan kuantitatif antara hidrograf satuan sintetik dan hidrograf satuan pengamatan menggunakan ukuran-ukuran yang dikemukakan oleh Indarto (2010) yaitu:

1. *Coefficient of efficiency* (CE)

$$CE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n [Q_o - Q_m]^2}{\sum_{t=1}^n [Q_o + Q_m]^2} \dots\dots\dots(12)$$

2. *Relative error* dari volume total (EV)

$$EV = \frac{\sum [Q_o - Q_m]}{\sum Q_o} \times 100\% \dots\dots\dots(13)$$

3. *Absolute error* dari debit puncak (AEQP)

$$AEQP = [Q_{po} - Q_{pm}] \dots\dots\dots(14)$$

4. *Relative error* dari debit puncak (EQP)

$$EQP = \left( \frac{[Q_{po} - Q_{pm}]}{Q_{po}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(15)$$

5. *Absolute error* dari waktu puncak (AETR)

$$AETR = [TR_o - TR_m] \dots\dots\dots(16)$$

dengan:

Q<sub>o</sub> = Debit pengamatan (m<sup>3</sup>/dt)

Q<sub>m</sub> = Debit terhitung (m<sup>3</sup>/dt)

$\bar{Q}_m$  = Debit terhitung rata-rata (m<sup>3</sup>/dt)

Q<sub>po</sub> = Debit puncak pengamatan (m<sup>3</sup>/dt)

Q<sub>pm</sub> = debit puncak terhitung (m<sup>3</sup>/dt)

TR<sub>o</sub> = waktu puncak pengamatan (jam)

TR<sub>m</sub> = waktu puncak terhitung (jam)

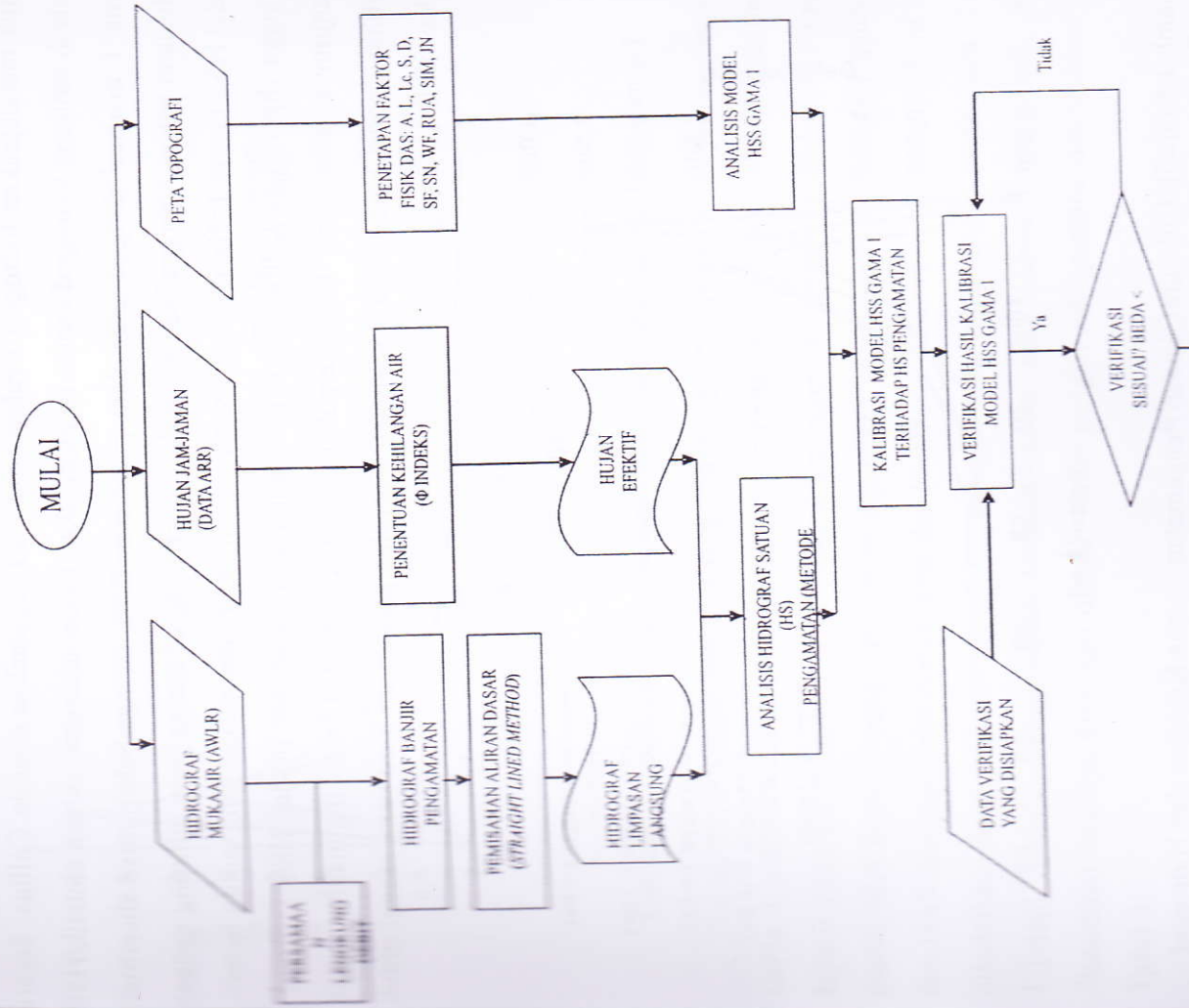
t = interval waktu (jam)

n = jumlah interval waktu (jam)

### CARA PENELITIAN

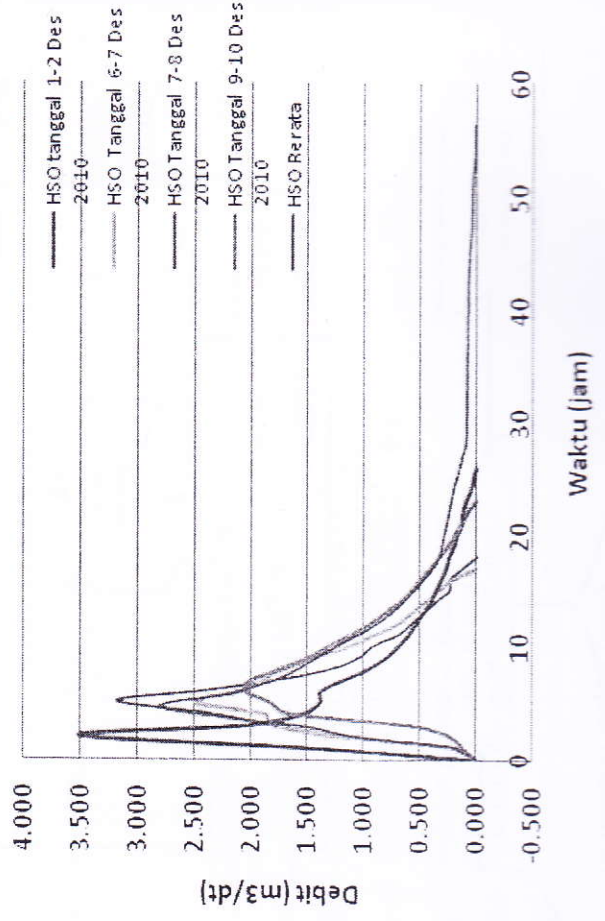
Secara skematis proses penelitian mengikuti bagan alir sebagai berikut.

Gambar 5. Bagan Alir Skenario Penelitian

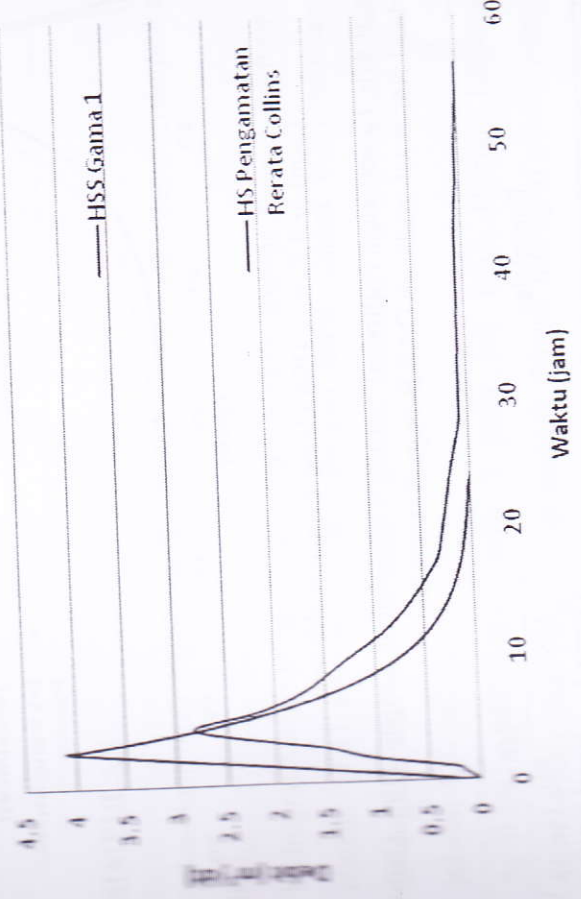


**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data kejadian hujan dan banjir yang dipakai dalam kajian ini yaitu 1 Desember 2010, 6-7 Desember 2010, 7-8 Desember 2010, dan 9-10 Desember 2010. Untuk mendapatkan hidrograf terukur (*observed*) digunakan metode Collins. Secara terpisah dihitung hidrograf satuan menggunakan model hidrograf satuan sintetik/HSS Gama 1 dengan menggunakan data parameter DAS Bionga. Selanjutnya dicermati perbedaan antara hidrograf satuan terukur dan hidrograf satuan yang dihitung dengan model HSS Gama 1. Hasil yang peroleh menunjukkan perbedaan yang cukup berarti sehingga diperlukan kalibrasi koefisien parameter-parameter model HSS Gama 1. Selanjutnya data yang tidak terpakai dalam proses kalibrasi digunakan untuk verifikasi model HSS Gama 1 sehingga diperoleh persamaan baru yang sesuai untuk aplikasi di DAS Bionga.



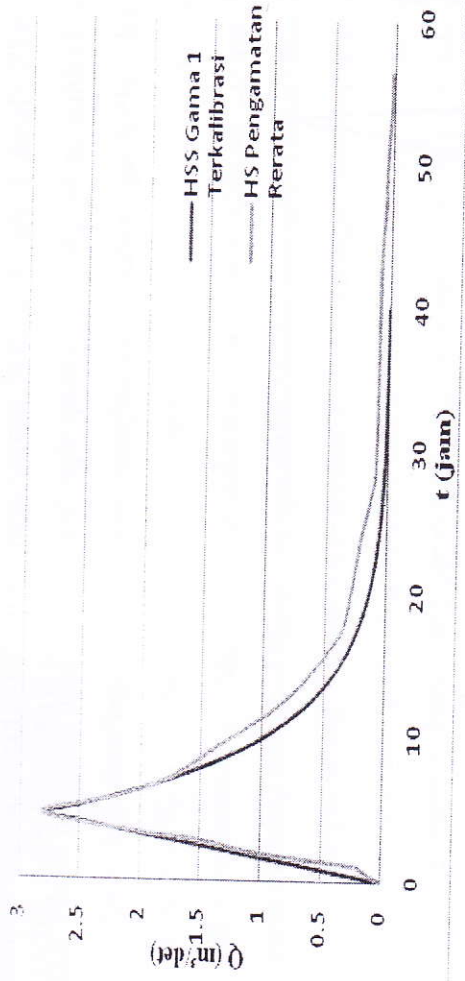
Pada Gambar 7 ditunjukkan perbedaan hidrograf hasil hitungan menggunakan model HSS Gama 1 dan hidrograf pengamatan yang diturunkan dengan metode Collins. Terlihat perbedaan yang cukup signifikan antara hasil keluaran model HSS Gama 1 dan HS Pengamatan (*observed*) yang cenderung *overestimate*.



Gambar 7. Grafik Hidrograf Satuan Pengamatan Rerata dan HSS Gama 1

Selanjutnya dengan melakukan kalibrasi serta verifikasi terhadap model HSS Gama 1 maka akan diperoleh formula baru model HSS Gama 1 yang terkalibrasi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2 dan ditunjukkan pada Gambar 8. Formula model HSS Gama 1 yang baru cocok digunakan untuk sub DAS Bionga-Kayubulan dan DAS lain yang mempunyai sifat dan karakteristik DAS yang sama. Hal ini telah dibuktikan dengan hasil pengujian sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1. Tetapi apabila menggunakan formula model HSS Gama 1 yang asli, maka disarankan hasilnya dikalikan dengan factor pengali sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.





Gambar 8. Grafik HSS Gama 1 Hasil Kalibrasi

Tabel 1. Hasil Uji Kesesuaian Hidrograf Satuan Pengamatan dengan HSS Gama 1 Hasil Kalibrasi padasub DAS Bionga Kayubulan

No	Parameter	Nilai	
		HSS Gama 1	HSS Gama 1 Hasil Kalibrasi
1	Coefficient of efficiency (CE)	0.20	0.95
2	Relative error dari volume total (EV) (%)	26.03	6.52
3	Absolute error dari debit puncak (AEQp) (m <sup>3</sup> /dt)	1.26	0.00
4	Relative error dari debit puncak (EQp) (%)	44.96	0.00
5	Absolute error dari waktu puncak (AETp) (jam)	1.66	0.00

Tabel 2. Model HSS Gama 1 Sebelum dan Sesudah Dikalibrasi

Model HSS Gama 1	Model HSS Gama 1 Hasil Kalibrasi
$TR = 0.43 \left( \frac{L}{100.SF} \right)^2 + 1.0665.S/M + 1.2775$	$TR = 0.48059. \left( \frac{L}{100.SF} \right)^{2.98276} + 1.84447.S/M + 1.82266$
$QP = 0.1836. A^{0.5856}. TR^{-0.4008}. J/N^{0.2381}$	$QP = 0.16904. A^{0.57732}. TR^{-0.40452}. J/N^{0.22649}$

Tabel 3. Faktor Pengali HSS Gama 1 pada sub DAS Bionga Kayubulan

Variabel	Faktor Pengali
TR	1.585
QP	0.680
K	1.2

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hidrograf satuan pengamatan pada sub DAS Bionga Kayubulan memiliki waktu puncak (TR) sebesar 4,5 jam dengan debit puncak (QP) sebesar 2,81m<sup>3</sup>/det sedangkan dari analisa HSS Gama 1 memiliki TR sebesar 2,84 jam dan sebesar 4,07 m<sup>3</sup>/dt.
2. Aplikasi model HSS Gama 1 pada sub DAS Bionga Kayubulan masih memberikan nilai yang cukup berbeda dengan hidrograf satuan pengamatanannya. Hal ini dapat dilihat nilai *Coefficient of efficiency* (CE) sebesar 0,20, *Relative error* dari *error* dari volume total (EV) sebesar 26,03%. Selain itu, *Relative error* dari debit puncak (EQp) sebesar 44,96% masih sangat berbeda dengan hidrograf satuan pengamatannya. Hal ini sebanding dengan waktu mencapai puncak dari ke hidrograf tersebut yang nilai *absolute error* dari waktu puncak (AETr) sebesar 1,66 jam. Dengan demikian model HSS Gama 1 pada sub DAS Bionga Kayubulan tidak bisa diaplikasikan karena model HSS Gama 1 belum memberikan kemampuan pendugaan yang baik tentang hidrograf satuan yang sesuai dengan sifat dan karakteristik DAS tersebut.
3. Hasil kalibrasi model HSS Gama 1 memberikan kemampuan keakuratan

dapat diaplikasikan pada sub DAS Bionga Kayubulan karena sudah menggambarkan hidrograf satuan sesuai dengan sifat dan karakteristik

#### DAFTAR PUSTAKA

- Indarto.2010. Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Aksara. Jember
- Limantara, L. M. 2010. Hidrologi Praktis. Lubuk Agung. Jakarta
- Sri Harto, Br. 1993.Hidrologi Teknik. P.T Gramedia Pusaka Utama. Jakarta
- Sri Harto, Br. 2000.Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian. Nafiri. Jakarta