

ANALISIS HIDROGRAF ALIRAN DAERAH ALIRAN SUNGAI KEDUANG DENGAN BEBERAPA METODE HIDROGRAF SATUAN SINTETIS

Muhamad Iqbal Tias Pratomo¹⁾, Sobriyah²⁾, Agus Hari Wahyudi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2),3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln. Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail :muhamadiqbaltiaspratomo@yahoo.com

Abstract

Contribution of water from the Keduang river basin to Wonogiri Reservoir is not know yet the proper way to use. The choice to determine the contribution of water to the Keduang river basin is predicting the magnitude the flow of data existing rain. Therefore, rainfall data as the main input into the flow of rain transformation process into something that is very important and should have a high degree of precision . This study presents a simple approach to compare the shape of hydrograph peak discharge and hydrograph flow between measured and synthetic unit hydrograph (SUH) at The Keduang river basin. Some syntethic unit hydrograph methods as a way GAMA I, ITB - 1 , ITB - 2 , Limantara , Nakayasu , and Snyder used to calculate the peak discharge and hydrograph shape . Model calibration results obtained from the model corresponding SUH characteristics and hydrograph measured approach to get the proper SUH for Keduang river basin characteristics . The research result shares that peak discharge of the hydrograph measured on 14-15 February 2011, 25 April 2011 , November 28, 2011 and December 15, 2011 respectively $111.38 \text{ m}^3/\text{sec}$, $271.62 \text{ m}^3/\text{sec}$, $56.31 \text{ m}^3/\text{sec}$ and $152.74 \text{ m}^3/\text{sec}$. The results of each method SUH can not decide which best fits the measured hydrograph at the Keduang river basin, because each SUH method has the advantage of different peak discharge , peak time , and the volume of rainfall in each event .

Keywords : Rain transformation, Synthetic Unit Hydrograph, Calibration Models.

Abstrak

Kontribusi air dari DAS Keduang terhadap Waduk Wonogiri belum dapat diketahui cara yang tepat untuk digunakan. Salah satu cara untuk mengetahui besarnya debit banjir di DAS Keduang adalah dengan memprediksi besarnya aliran dari data hujan yang ada, oleh karena itu data hujan sebagai masukan utama proses pengalihragaman hujan menjadi aliran menjadi suatu hal yang sangat penting dan harus memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Penelitian ini menyajikan suatu pendekatan sederhana untuk membandingkan debit puncak dan bentuk hidrograf aliran antara hidrograf terukur dan hidrograf satuan sintetis pada DAS Keduang. Beberapa metoda hidrograf satuan sintetis seperti cara GAMA I, ITB-1, ITB-2, Limantara, Nakayasu, dan Snyder digunakan untuk menghitung debit puncak dan bentuk hidrograf. Dari hasil kalibrasi model didapatkan model hidrograf satuan sintetis yang sesuai dan mendekati karakteristik hidrograf terukur untuk mendapatkan HSS yang tepat untuk karakteristik DAS Keduang. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit puncak dari hasil perhitungan hidrograf terukur pada tanggal 14-15 Pebruari 2011, 25 April 2011, 28 Nopember 2011 dan 15 Desember 2011 berturut-turut yaitu $111,38 \text{ m}^3/\text{dt}$, $271,62 \text{ m}^3/\text{dt}$, $56,31 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $152,74 \text{ m}^3/\text{dt}$. Hasil perhitungan dari setiap metode HSS tidak bisa diputuskan yang paling sesuai dengan hidrograf terukur pada DAS Keduang, karena setiap metode HSS memiliki keunggulan berbeda-beda dari debit puncak, waktu puncak, dan volume pada tiap kejadian hujan.

Kata kunci : Pengalihragaman Hujan, Hidrograf Satuan Sintetis, Kalibrasi Model

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Keduang merupakan DAS yang paling besar di antara DAS lainnya yang berada di DAS Waduk Wonogiri. Hingga kini kontribusi air dari DAS Keduang terhadap Waduk Wonogiri belum dapat diketahui metode yang paling cocok. Salah satu cara untuk mengetahui besarnya kontribusi air DAS Keduang adalah dengan memprediksi besarnya aliran dari data hujan yang ada, oleh karena itu data hujan sebagai masukan utama proses pengalihragaman hujan menjadi aliran menjadi suatu hal yang sangat penting dan harus memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Kondisi hujan tersebut merupakan salah satu hal yang menarik untuk diteliti (Agustin, 2010).

Gathot Bayu (2013) dalam penelitiannya di Waduk Wonogiri dengan menggunakan analisa debit menggunakan *Time Area Method*, dengan memakai perkiraan debit banjir berbasis metode Rasional, selanjutnya melakukan perbandingan antara debit terukur dan debit terhitung. Hasil yang diperoleh suatu hidrograf terhitung pada lengkung naik mendekati hidrograf terukur namun terjadi perbedaan yang cukup jauh di daerah lengkung turunnya. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan analisis Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) dengan metode GAMA I, ITB-1, ITB-2, Limantara, Nakayasu, dan Snyder-Alexeyev.

Pada penelitian ini data hujan yang digunakan adalah data hujan otomatis dan hujan wilayah dibuat pola distribusi hujan jam-jaman yang dianggap tetap. Sehingga tujuan penelitian ini tercapai dengan diketahuinya suatu debit

puncak hidrograf terukur dan perhitungan. Setelah debit puncak dikalibrasi maka dapat ditentukan metode HSS mana yang mendekati hidrograf terukur.

LANDASAN TEORI

Pemahaman dan penerapan ilmu hidrologi menyangkut pemahaman proses pengalihragaman (*transformation*) dari satu set masukan menjadi satu set keluaran melalui satu proses dalam sistem hidrologi. Skema sederhana tersebut menyangkut pengukuran-pengukuran variabel dan parameter yang cukup banyak, karena hanya dengan data dan informasi yang terkumpul tersebut proses hidrologi dapat dipahami secara menyeluruh. Pemahaman secara detail membutuhkan pengukuran dan pengamatan yang menyeluruh dan cermat. Kebutuhan ini didasarkan pada kebutuhan informasi, baik besaran maupun penyebarannya sebagai fungsi waktu dan ruang (*time and spacial distribution*).

Liku Kalibrasi (*Rating Curve*)

Pembacaan rekaman AWLR diubah menjadi hidrograf aliran dengan liku kalibrasi (*rating curve*) yang merupakan grafik hubungan antara tinggi muka air dengan debit aliran sungai di suatu lokasi (Baniva, 2013). *Rating curve* DAS Keduang didapatkan dari Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Surakarta Propinsi Jawa Tengah tahun 1996, yang persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q = 35,17 \times H^{2.228} \dots\dots\dots [1]$$

dengan :

- Q = debit (m³/dt),
- H = tinggi muka air (m).

Metode HSS GAMA I

Satuan hidrograf sintetik Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (TR), debit puncak (Qp), waktu dasar (TB), dengan uraian sebagai berikut :

1. Waktu puncak (TR) dinyatakan dengan rumus :

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665 \text{ SIM} + 1,2775 \dots\dots\dots [2]$$
2. Debit puncak (Qp) dinyatakan dengan rumus :

$$Qp = 0,1836A_{0,5886} JN^{-0,2381} TR^{-0,4008} \dots\dots\dots [3]$$
3. Waktu dasar (TB) dinyatakan dengan rumus :

$$TB = 27,4132.TR^{0,1457}.S^{-0,0986}.SN^{0,7344}.RUA^{0,2574} \dots\dots\dots [4]$$
4. Koefisien resesi dinyatakan dengan rumus :

$$K = 0,5617.A^{0,1798}.S^{-0,1446}.SF^{-1,0897}.D^{0,0452} \dots\dots\dots [5]$$
5. Aliran dasar (QB) dinyatakan dengan rumus :

$$QB = 0,4715.A^{0,6444}.D^{0,0452} \dots\dots\dots [6]$$

dengan :

- A = luas DAS (km²),
- L = panjang sungai (km),
- SF = faktor sumber,
- SIM = faktor simetri,
- WF = faktor lebar,
- JN = jumlah pertemuan,
- TB = waktu dasar (jam),
- S = landai sungai rata-rata,
- RUA = luas relatif DAS sebelah hulu,
- D = kerapatan jaringan.

Metode HSS ITB-1 dan ITB-2

HSS ITB-1 memiliki persamaan lengkung naik dan lengkung turun seluruhnya yang dinyatakan dengan satu persamaan yang sama yaitu :

$$q(t) = \exp\left\{2 - t - \frac{1}{t}\right\}^{\alpha C_p}$$

..... [7]

HSS ITB-2 memiliki persamaan lengkung naik dan lengkung turun yang dinyatakan dengan dua persamaan yang berbeda yaitu :

a. Lengkung naik ($0 \leq t \leq 1$)

$$q(t) = t^\alpha \dots\dots\dots [8]$$

b. Lengkung turun ($t > 1 \text{ s/d } \infty$)

$$q(t) = \exp\{1 - t^{\beta C_p}\} \dots\dots\dots [9]$$

1. Debit puncak dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Q_p = \frac{R}{3.6 T_p} \frac{A_{DAS}}{A_{HSS}} \dots\dots\dots [10]$$

dengan :

Q_p = debit puncak hidrograf satuan (m^3/s),

R = curah hujan satuan (1 mm),

T_p = waktu puncak (jam),

A_{DAS} = luas DAS (km^2) dan,

A_{HSS} = luas HSS tak berdimensi yang dapat dihitung secara exact atau secara numerik.

2. Rumus standar untuk *time lag* yang digunakan adalah penyederhanaan dari rumus Snyder sebagai berikut :

$$TL = C_t 0.81225 L^{0.6} \dots\dots\dots [11]$$

dengan :

TL = time lag (jam),

C_t = koefisien waktu (untuk proses kalibrasi),

L = panjang sungai (km).

3. Waktu puncak T_p didefinisikan sebagai berikut:

$$T_p = TL + 0.50 T_r \dots\dots\dots [12]$$

4. Untuk DAS kecil ($A < 2 \text{ km}^2$), menurut SCS harga T_b dihitung dengan Untuk DAS berukuran sedang dan besar harga secara teoritis T_b dapat berharga tak berhingga (sama dengan cara Nakayasu), namun prakteknya T_b dapat dibatasi sampai lengkung turun mendekati nol, atau dapat juga menggunakan harga berikut :

$$T_b = (10 \text{ s/d } 20) * T_p \dots\dots\dots [13]$$

Metode HSS Limantara

Pembuatan model debit puncak didasarkan pada pemakaian 5 (lima) karakteristik fisik DAS, yaitu luas DAS (A), panjang sungai utama (L), panjang sungai diukur sampai titik terdekat titik berat DAS (L_c), kemiringan dasar sungai (S) dan koefisien kekasaran (n). Berdasarkan kriteria tersebut, dihasilkan model debit puncak secara umum (untuk semua DAS) :

$$Q_p = 0,042.A^{0,451}.L^{0,497}.L_c^{0,356}.S^{-0,131}.n^{0,168} \dots\dots\dots [14]$$

dengan :

Q_p = time lag (jam),

A = luas daerah tangkapan sampai ke outlet,

L_c = panjang sungai dari outlet sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (km),

n = koefisien kekasaran DAS,

0,042 = koefisien untuk konversi satuan ($m^{0.25}/dt$).

1) Pembuatan Model Kurva Naik

$$Q_n = Q_p. [(t/T_p)]^{1,107} \dots\dots\dots [15]$$

dengan :

Q_n = debit pada persamaan kurva naik ($m^3/dt/mm$),

Q_p = debit puncak hidrograf satuan ($m^3/dt/mm$),

T = waktu hidrograf (jam),

T_p = waktu naik hidrograf atau waktu mencapai puncak hidrograf (jam).

2) Pembuatan Model Kurva Turun

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-0,175(T_p - t)} \dots\dots\dots [16]$$

dengan :

Q_t = Debit pada persamaan kurva turun ($m^3/dt/mm$),

Q_p = Debit puncak hidrograf satuan ($m^3/dt/mm$),

T_p = Waktu naik hidrograf atau waktu mencapai puncak hidrograf (jam),

t = Waktu hidrograf (jam).

Metode HSS Nakayasu

Hidrograf satuan sintetik metode DR. Nakayasu telah berulang kali diterapkan di Jawa Timur terutama pada DTA kali Brantas. Hingga saat ini hasilnya cukup memuaskan (I Wayan Sutapa, 1999).

Rumus dari hidrograf satuan Nakayasu adalah :

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots [17]$$

dengan :

Q_p = debit puncak banjir (m^3/det),

R_o = hujan satuan (mm),

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam),

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak,

A = luas daerah tangkapan sampai outlet,

C = koefisien pengaliran.

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan

rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g$$

t_g adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). t_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km :
 $t_g = 0,4 + 0,058 L$
- Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km :
 $t_g = 0,21 L^{0,7}$

dengan :

t_r = satuan waktu hujan (jam),

α = parameter hidrograf, untuk,

$\alpha > 2$ = pada daerah pengaliran biasa,

$\alpha > 1,5$ = pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat,

$\alpha = 3$ = pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat.

1. Pada waktu naik : $0 < t < T_p$

$$Q_p = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \dots\dots\dots [18]$$

dengan :

$Q_{(t)}$ = limpasan sebelum mencari debit puncak (m^3),

t = waktu (jam).

2. Pada kurva turun (*decreasing limb*)

a. Selang nilai : $0 \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots [19]$$

b. Selang nilai: $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}} \dots\dots\dots [20]$$

c. Selang nilai : $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5T_{0,3})}{2,0T_{0,3}}} \dots\dots\dots [21]$$

Metode HSS Snyder

Dengan unsur-unsur tersebut Snyder membuat rumus-rumusnya sebagai berikut :

$$t_p = C.(L.Lc)^{0,5} \dots\dots\dots [22]$$

$$\text{---} \dots\dots\dots [23]$$

$$\text{---} \dots\dots\dots [24]$$

dengan :

t_p = waktu kelambatan (*time lag*)(jam),

Q_p = debit puncak (m³/detik),

T_b = waktu dasar (jam),

q_pR = debit per satuan luas(m³/detik/km²),

C_t = koefisien yang tergantung pada kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,1 sampai 2,2,

C_p = koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi dari 0,1 sampai 0,8.

Untuk mempercepat pekerjaan tersebut diberikan rumus Alexeyev, yang memberikan bentuk hidrograf satuannya. Persamaan Alexeyev adalah sebagai berikut (Soemarto, 1995) :

$$Q = f(t) \dots\dots\dots [25]$$

$$Y = \text{---} \dots\dots\dots [26]$$

$$X = \text{---} \dots\dots\dots [27]$$

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} \dots\dots\dots [28]$$

dimana a diperoleh dari persamaan berikut :

$$a = 1,32\lambda^2 + 0,15\lambda + 0,045 \dots\dots\dots [29]$$

$$\lambda = \frac{(Q_p \cdot T_R)}{(h \cdot A)} \dots\dots\dots [30]$$

Setelah λ dan a dihitung, maka nilai y untuk masing-masing x dapat dihitung (dengan membuat tabel), dari nilai-nilai tersebut diperoleh : $t = x \cdot T_p$ dan $Q = y \cdot Q_p$, selanjutnya dibuat grafik hidrograf satuan.

Kalibrasi Model

Model yang dikembangkan untuk perkiraan debit banjir pada suatu DAS, disusun untuk mensimulasikan proses aliran permukaan yang ada di alam. Keluaran model diharapkan mampu mendekati kejadian banjir yang sebenarnya. Namun demikian, model hampir tidak mungkin dapat mensimulasikan proses di alam dengan tepat. Oleh karena itu akan selalu ada penyimpangan antara hasil keluaran model dan pengamatan di lapangan.

$$\text{---} \dots\dots\dots [31]$$

$$\text{---} \dots\dots\dots [32]$$

$$\text{---} \dots\dots\dots [33]$$

dengan :

- ΔQ_p = persentase perbedaan debit puncak antara pengamatan dan simulasi (%),
- ΔT_p = persentase perbedaan waktu puncak antara pengamatan dan simulasi(%),
- ΔV_p = persentase perbedaan volume puncak antara pengamatan dan simulasi(%),
- Q_{pp} = debit puncak pengamatan (m^3/dt),
- Q_{ps} = debit puncak simulasi(m^3/dt),
- T_{pp} = waktu puncak pengamatan (jam),
- T_{ps} = waktu puncak simulasi (jam),
- V_{pp} = volume puncak pengamatan (m^3),
- V_{ps} = volume puncak simulasi(m^3).

METODE

Penelitian ini dilaksanakan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

a. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan berupa peta topografi, Data hujan wilayah, *Automatic Water Level Recorder* (AWLR), *Automatic Rainfall Recorder* (ARR).

b. Analisis Data

Data ARR yang didapat dianggap belum bisa mewakili seluruh wilayah DAS untuk itu perlu dianalisis hujan wilayah pada DAS Keduang. Mencari pasangan data AWLR dan data hujan harian pada waktu yang sama. Data hujan harian pada stasiun hujan dibuat pola distribusi hujan. Perhitungan data hujan wilayah menggunakan metode Poligon Thiessen dan dibuat perubahan hujan wilayah dengan menggunakan pola distribusi hujan jam-jaman. Untuk menghitung debit terukur dari data AWLR maka digunakan *rating curve* yang didapat dari Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Surakarta.

c. Menghitung Hidrograf Satuan Sintetik (HSS)

Mengumpulkan terlebih dahulu parameter yang akan digunakan dan hitung menggunakan metode HSS GAMA I, HSS ITB-1, HSS ITB-2, HSS Limantara, HSS Nakayasu dan HSS Snyder.

d. Grafik hidrograf aliran

Menggambarkan hidrograf hasil perhitungan HSS yang dipengaruhi oleh data hujan wilayah.

e. Kalibrasi model

Membandingkan grafik HSS yang dipengaruhi oleh hujan wilayah dengan hidrograf terukur. Data yang dibandingkan adalah debit puncak, waktu puncak dan volume pada setiap metode.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hujan Wilayah

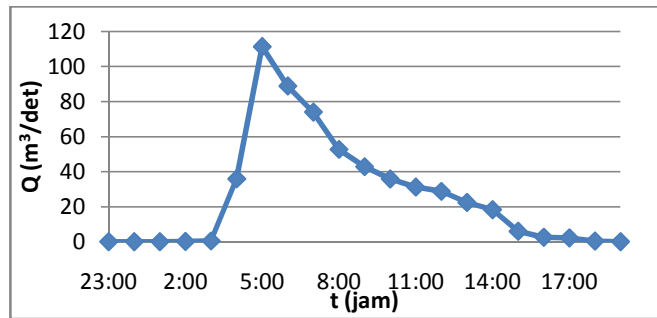
Analisis kejadian hujan yang digunakan tanggal sebagai berikut : tanggal 14-15 Pebruari 2011, 25 April 2011, 28 Nopember 2011 dan 15 Desember 2011. Pada analisis ini memiliki empat kejadian, untuk contoh hitungan disajikan pada tanggal 14-15 Pebruari 2011 adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Perubahan Hujan Wilayah Dengan Pola Distribusi Hujan Jam-jaman DAS Keduang Tanggal 15 Pebruari 2011

Tanggal	Hujan Wilayah (mm)	Jam (WIB)	Pola Distribusi Hujan Jam-jaman (%)	Curah Hujan (mm)
15/02/2011	5,27	0:00	45	2,37
		1:00	50	2,64
		2:00	5	0,26

Analisis Hidrograf Terukur

Dari penelitian yang sudah dilakukan oleh Gatot Bayu (2013), didapatkan pasngan data *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) di DAS Tirtomoyo. Data debit terukur dicari dengan menggunakan *Rutting Curve*.



Gambar 1. Hidrograf Aliran Terukur Ngadipiro Tanpa *Base Flow* Tanggal 14-15 Pebruari 2011

Analisis Model Hidrograf Satuan Sintetik

Lengkung hidrograf dihitung dengan masing-masing parameter dari setiap metode Hidrograf Satuan Sintetik yang digunakan. Berikut adalah grafik lengkung hidrograf perbandingan metode HSS GAMA I, HSS ITB-1, HSS ITB-2, HSS Limantara, HSS Nakayasu dan HSS dengan hidrograf terukur Snyder pada DAS Keduang.

Kalibrasi Model

Kalibrasi diperlukan untuk mengetahui metode HSS mana yang paling sesuai jika digunakan di DAS Keduang. Data yang dikalibrasi adalah data debit puncak, waktu puncak dan volume.

Tabel 2. Kalibrasi Model Untuk Debit Puncak Tanggal 14-15 Pebruari 2011

No	Metode HSS	Debit Puncak HSS (Qps)	Debit Terukur (Qpp)	ΔQp (%)
1	GAMA I	45.04	111.38	59.57
2	ITB-1	111.14	111.38	0.21
3	ITB-2	114.04	111.38	2.39
4	Limantara	77.36	111.38	30.54
5	Nakayasu	87.07	111.38	21.82
6	Snyder	113.68	111.38	2.06

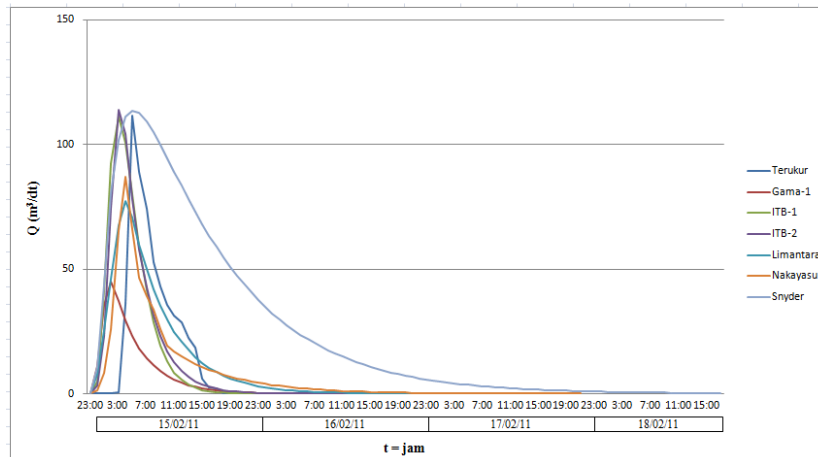
Tabel 3. Kalibrasi Model Untuk Waktu Puncak Tanggal 14-15 Pebruari 2011

No	Metode HSS	Waktu Puncak HSS (Tps)	Waktu Terukur (Tpp)	ΔTp (%)
1	GAMA I	3	6	50.00
2	ITB-1	4	6	33.33
3	ITB-2	4	6	33.33
4	Limantara	5	6	16.67
5	Nakayasu	5	6	16.67
6	Snyder	6	6	0.00

Tabel 4. Kalibrasi Model Untuk Volume Tanggal 14-15 Pebruari 2011

No	Metode HSS	Volume (Vps)	Volume Terukur (Vpp)	ΔVp (%)
1	GAMA I	962854.80	1994305.58	51.72
2	ITB-1	2219485.00	1994305.58	11.29
3	ITB-2	2219380.00	1994305.58	11.29

No	Metode HSS	Volume (Vps)		Volume Terukur (Vpp)		ΔV_p (%)
4	Limantara	2398729.98	m ³	1994305.58	m ⁶	20.28
5	Nakayasu	2076387.21	m ³	1994305.58	m ⁷	4.12
6	Snyder	8025280.62	m ³	1994305.58	m ⁸	302.41



Gambar 2. Perbandingan Hidrograf Terukur dan HSS DAS Keduang Tanggal 14-15 Pebruari 2011

SIMPULAN

1. Debit puncak dari hasil perhitungan hidrograf terukur pada tanggal 14-15 Pebruari 2011, 25 April 2011, 28 Nopember 2011 dan 15 Desember 2011 berturut-turut yaitu 111,38 m³/dt, 271,62 m³/dt, 56,31 m³/dt dan 152,74 m³/dt. Hasil perhitungan dari setiap metode HSS pada pembahasan tidak bisa diputuskan yang paling sesuai dengan hidrograf terukur pada DAS Keduang.
2. Hasil kalibrasi beberapa metode HSS dengan debit terukur dilakukan metode kalibrasi debit puncak, waktu puncak dan jumlah volume banjir pada beberapa kejadian banjir. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa metode HSS ITB-2 paling sesuai digunakan dalam hal peramalan debit puncak banjir pada tanggal 14-15 Pebruari 2011, 25 April 2011, 28 Nopember 2011 dan 15 Desember 2011 dengan persentase penyimpangan berturut-turut adalah 2,39%, 0,69%, 5,26% dan 0,25%. Pada kejadian yang sama hasil kalibrasi waktu puncak menunjukkan metode HSS Limantara dan Nakayasu paling sesuai dengan beberapa kejadian banjir dengan persentase penyimpangan berturut-turut adalah 16,67%, 0%, 12,50% dan 40%. Sedangkan hasil kalibrasi jumlah volume tidak dapat dipilih metode mana yang terbaik karena tidak ada metode yang mendominasi tiap kejadiannya.
3. Hasil kalibrasi pada hidrograf aliran untuk debit yang mendekati hidrograf terukur kalibrasi debit puncak adalah metode HSS ITB-1 dan ITB-2, kalibrasi waktu puncak adalah metode HSS Limantara dan Nakayasu, dan kalibrasi volume tidak ada metode yang mendominasi tiap kejadiannya. Hasil kalibrasi pada hidrograf aliran yang sudah dirata-ratakan nilai parameternya untuk debit yang mendekati hidrograf terukur tidak ada yang mendominasi tiap kejadiannya, kalibrasi waktu puncak adalah metode HSS Limantara dan Nakayasu, dan kalibrasi volume tidak ada metode yang mendominasi tiap kejadiannya. Pada penelitian ini tidak bisa diambil keputusan karena tiap metode memiliki keunggulannya masing-masing.

REFRENSI

Agustin, W. 2010. "Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Di Sub DAS Keduang".Skripsi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

- Baniva, R. 2013. "*Simulasi Pengaruh Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir di DAS Keduang*". Skripsi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Gathot, B. 2013. "*Evaluasi Kinerja Waduk Wonogiri Dengan Time Area Method*". Skripsi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Soemarto, CD. 1995. *Hidrologi Teknik*. Edisi Kedua. Jakarta : Erlangga
- Sutapa, I.W., dkk. 2005. "*Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Rancangan DI Daerah Aliran Sungai Kodina*". Majalah Ilmiah, Universitas Tadulako, Palu.