

# METODE PENELUSURAN BANJIR PADA SUNGAI DENGKENG DENGAN METODE GABUNGAN O'DONNELL DAN MUSKINGUM-CUNGE DAN METODE MUSKINGUM EXTENDED

Maria Anisa Naulita<sup>1)</sup>, Sobriyah<sup>2)</sup>, Siti Qomariyah<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

<sup>2)</sup>Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No. 36 A Surakarta 57126. Telp: 0271 647069. Email: [anisanaulita@gmail.com](mailto:anisanaulita@gmail.com)

## Abstract

*Flood routing model aims to estimate the stream hydrograph on a river. The required data for Muskingum method analysis are upstream and downstream hydrographs. With those data, it should be able to make some flood routing models. Problems that usually come up are unavailability of measured hydrograph streaming data in upper or down stream on a river. The method doesn't calculate any tributaries. Flood routing models consider the minor stream that converging to major stream is flood routing model of Dengkeng river with Combination O'donnel and Muskingum-Cunge Method and Muskingum Extended Method. This research aims to determine the suitability model of the result simulation hydrograph and observation hydrograph using both methods. The research was descriptive-quantitative analysis. Analysis research used O'Donnel dan Muskingum-Cunge Combination Method and Muskingum Extended Method. Upstream hydrograph is estimated with HSS Gama I method. Location of this research in Dengkeng River, Klaten, Central Java. Data was obtained by Balai Besar Wilayah Sungai Surakarta, PSDA Department and Perum Jasa Tirta I Surakarta. Result of flood routing model by using O'Donnel dan Muskingum-Cunge combination method and measured hydrograph of observation on May 1<sup>st</sup>, 2011 were  $\Delta Q_p = 27,79\%$ ;  $\Delta V = 59,20\%$  and  $\Delta t_c = 22,22\%$ , on December 20<sup>th</sup>, 2011 were  $\Delta Q_p = 2,82\%$ ;  $\Delta V = 69,58\%$ ;  $\Delta t_c = 25\%$ . Result of flood routing model by using Muskingum Extended method on May 1<sup>st</sup>, 2011 were  $\Delta Q_p = 30,17\%$ ;  $\Delta V = 13,78\%$ ; and  $\Delta t_c = 62,5\%$ , on December 20<sup>th</sup>, 2011 were  $\Delta Q_p = 5,5\%$ ;  $\Delta V = 67,44\%$ ; and  $\Delta t_c = 22,22\%$ . Both methods are not recommended to use for Dengkeng Watershed because the hydrograph simulation result of both methods have a significant dissimilarity with the result of measured hydrograph by observation.*

**Keyword :** Flood Routing, Dengkeng River, suitability model.

## Abstrak

Model penelusuran banjir dimaksudkan untuk mengetahui hidrograf aliran di suatu lokasi sungai. Data yang dibutuhkan pada penelusuran banjir metode Muskingum adalah hidrograf aliran di hulu dan hilir. Data tersebut digunakan untuk mengestimasi parameter penelusuran. Permasalahan yang muncul adalah ketidaktersediaan data hidrograf terukur di hulu dan hilir, serta metode ini tidak memperhitungkan adanya aliran lateral. Model penelusuran banjir yang memperhitungkan adanya aliran lateral adalah model penelusuran banjir dengan menggunakan Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge dan Muskingum Extended.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara hidrograf aliran hasil simulasi dengan pengamatan menggunakan kedua metode tersebut. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Analisis dilakukan dengan Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge dan Muskingum Extended. Hidrograf aliran di hulu diestimasi dengan cara HSS Gama I. Lokasi penelitian ini adalah pada Daerah Aliran Sungai Dengkeng di Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. Data yang digunakan dalam analisis diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Surakarta, Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) dan Perum Jasa Tirta 1 Surakarta. Hasil kesesuaian model penelusuran banjir Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge dengan data hasil pengamatan pada tanggal 1 Mei 2011 adalah  $\Delta Q_p = 27,79\%$ ;  $\Delta V = 59,20\%$  dan  $\Delta t_c = 22,22\%$  sedangkan pada 20 Desember 2011 sebesar  $\Delta Q_p = 2,82\%$ ;  $\Delta V = 69,58\%$ ;  $\Delta t_c = 25\%$ . Hasil kesesuaian model penelusuran banjir dengan metode Muskingum Extended pada tanggal 1 Mei 2011 adalah sebesar  $\Delta Q_p = 30,17\%$ ;  $\Delta V = 13,78\%$ ; dan  $\Delta t_c = 62,5\%$  sedangkan pada 20 Desember 2011 sebesar  $\Delta Q_p = 5,5\%$ ;  $\Delta V = 67,44\%$ ; dan  $\Delta t_c = 22,22\%$ . Berdasarkan data yang ada, kedua metode tidak disarankan untuk diterapkan pada DAS Dengkeng karena hidrograf hasil simulasi dengan kedua metode tersebut memiliki perbedaan karakteristik yang sangat signifikan dengan hidrograf terukur hasil pengamatan.

**Kata kunci :** Penelusuran Banjir, Sungai Dengkeng, kesesuaian model.

## PENDAHULUAN

Banjir merupakan kejadian alam yang masih kerap terjadi hingga saat ini. Data hidrograf aliran di hilir diperlukan untuk mengetahui besarnya aliran di hilir sungai atau waduk. Untuk mengetahui hidrograf aliran di hilir sungai

perlu adanya hidrograf aliran bagian hulu. Namun keterbatasan data hidrograf di hulu membuat penelusuran tidak dapat dilakukan. Solusi untuk mengestimasi hidrograf aliran di hulu adalah dengan menggunakan metode HSS Gama I. Hasil estimasi dari metode HSS Gama I dan curah hujan wilayah jam-jaman digunakan sebagai *input* yang selanjutnya dapat dilakukan penelusuran banjir. metode penelusuran banjir yang digunakan adalah Metode Gabungan O'Donnell dan Muskingum-Cungeserta metode Muskingum *Extended*. Hasil estimasi dari kedua metode tersebut selanjutnya dilakukan pendekatan untuk mengetahui kesesuaian metode tersebut dengan hidrograf terukur hasil pengamatan pada lokasi AWLR di Sungai Dengkeng. Parameter kalibrasi yang dihitung adalah debit puncak, volume puncak dan waktu konsentrasi.

## LANDASAN TEORI

### HSS Gama 1

Proses penelusuran banjir di Sungai Dengkeng mengalami keterbatasan berupa data hidrograf terukur di hulu dan setiap anak sungai. Sedangkan syarat untuk dapat dilakukannya penelusuran banjir adalah minimal mengetahui data hidrograf terukur di hulu atau di hulu dan di hilir. Untuk mengetahui besarnya hidrograf aliran di hulu dan setiap anak sungai digunakan metode HSS Gama 1.

WaktuNaik

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

Debit Puncak dinyatakan dalam rumus:

$$Q_p = 0,1836 A^{0,5886} JN^{0,2381} TR^{-0,4008} \dots [2]$$

Nilai K rumus kandingan:

$$K = 0,5617 A^{0,1793} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452} \dots [3]$$

Aliran dasar dinyatakan dalam rumus.

$$Q_B = 0,4751 A^{0,6444} D^{0,9430} \dots [4]$$

Waktu konsentrasi atau lama hujan terpusat dirumuskan:

$$t = 0,1 L^{0,9} i^{-0,3} \dots [5]$$

Sedangkan hasil akhir dari perhitungan HSS Gama 1 dirumuskan sebagai:

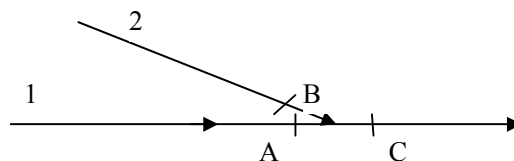
$$Q_t = Q_p e^{-t/k} \dots [6]$$

Keterangan:

TR	=	waktu naik (jam)
JN	=	jumlah pertemuan sungai
A	=	luas DAS (km <sup>2</sup> )
S	=	kemiringan
SF	=	perbandingan jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang sungai semua tingkat
D	=	kerapatan jaringan sungai (km/km <sup>2</sup> )
t	=	waktu konsentrasi / lama hujan terpusat (jam)
L	=	panjang sungai (km)
i	=	kemiringan sungai rata-rata
Q <sub>p</sub>	=	debit puncak (m <sup>3</sup> /s)
t	=	waktu konsentrasi (jam)
e	=	eksponensial

### Metode Gabungan O'Donnell dan Muskingum-Cunge

Sobriyah (2012) mengembangkan Metode Gabungan O'Donnell dan Muskingum-Cungedengan menganggap hidrograf aliran sungai bagian hilir didapatkan dari penjumlahan hidrograf aliran sungai dengan anak sungai pada suatu titik pertemuan.



Gambar 1. Skema penelusuran banjir metode gabungan O'Donnell dan Muskingum-Cunge

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa hidrograf di C merupakan penjumlahan hidrograf aliran A dan hidrograf aliran B. Hidrograf aliran pada titik pertemuan sungai dengan anak sungai dapat diperoleh dengan persamaan berikut,

$$I_{S\ hi_i} = I_{S\ hu_i} + I_{S\ As_i} \dots\dots\dots [7]$$

Keterangan :

- $I_{S\ hi_i}$  = debit aliran di hilir pertemuan sungai pada waktu ke i,
- $I_{S\ hu_i}$  = debit aliran di hulu pertemuan sungai pada waktu ke i,
- $I_{S\ As_i}$  = debit aliran anak sungai yang masuk ke sungai pada waktu ke i.

Untuk memperoleh hidrograf aliran di hilir digunakan persamaan umum berikut,

$$O_{j+1} = C_1 I_j + C_2 I_{j+1} + C_3 O_j \dots\dots\dots [8]$$

$$C_1 = \frac{-1+Cr+D}{1+Cr+D} \dots\dots\dots [9]$$

$$C_2 = \frac{1+Cr-D}{1+Cr+D} \dots\dots\dots [10]$$

$$C_3 = \frac{1-Cr+D}{1+Cr+D} \dots\dots\dots [11]$$

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1 \dots\dots\dots [12]$$

dengan nilai  $cr$  dan  $D$  dihitung dengan persamaan:

$$c_r = v \Delta t / \Delta x \dots\dots\dots [13]$$

dan;

$$D = \frac{q}{Sv\Delta x} \dots\dots\dots [14]$$

Keterangan :

- $q$  =  $Q/La$  = debit aliran per unit lebar saluran,
- $V$  = kecepatan (m/s),
- $v$  = difusi hidraulik,
- $S$  = kemiringan dasar saluran.

Secara umum rumus yang digunakan pada metode ini sama dengan rumus-rumus yang digunakan pada metode Muskingum-Cunge pada suatu penggal sungai yang memasukan parameter kecepatan aliran untuk setiap debit yang ditelusur. Untuk memudahkan perhitungan diberikan rumus sebagai berikut.

$$Q = A_b \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots [15]$$

Keterangan :

- $Q$  = debit aliran
- $A_b$  = luas penampang basah
- $R$  = radius hidrolis
- $S$  = kemiringan permukaan tanah (dasar sungai)
- $N$  = koefisien manning,

**Muskingum *Extended***

Persamaan metode Muskingum *Extended* oleh M Hassanuzzaman Khan (1993) dikembangkan dari persamaan sebelumnya. Pada prinsipnya metode ini menjumlahkan aliran masuk dari sungai dan aliran anak sungai yang kemudian dianggap sebagai *Inflow*. Persamaan selanjutnya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$[i^{(1)} + i^{(2)} + i^{(3)} + i^{(4)} + i^{(n)}] - Q = ds/dt \dots\dots\dots [16]$$

Untuk menghitung besarnya tampung dibutuhkan parameter  $k$ ,  $x$ ,  $x_n$ ,  $i^n$ , dan  $Q$ . dimana  $x$  dan  $i^n$  merupakan koefisien  $x$  dan besarnya inflow pada masing-masing anak sungai. Besarnya nilai tampungan/storage dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$S = K [x_1 i^{(1)} + x_2 i^{(2)} + x_3 i^{(3)} + \dots\dots\dots + x_n i^{(n)} + (1-x) Q] \dots\dots\dots [17]$$

Dengan  $x$  rata-rata yang digunakan pada sungai utama adalah,

$$X = \frac{[x_1 i^{(1)} + x_2 i^{(2)} + x_3 i^{(3)} + \dots\dots\dots + x_n i^{(n)}]}{i^{(1)} + i^{(2)} + i^{(3)} + \dots\dots\dots + i^{(n)}} \dots\dots\dots [18]$$

Sehingga persamaan penelusuran banjir untuk mendapatkan nilai  $Q$  pada hilir adalah,

$$Q_{j+1} = C_1(p) i(1) + C_2(p) i(2) + C_3(p) Q_j \dots\dots\dots [19]$$

Keterangan :

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2kx}{\Delta t + k(1-x)} \dots\dots\dots [20]$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2kx}{\Delta t + k(1-x)} \dots\dots\dots [21]$$

$$C_3 = \frac{-\Delta t + 2kx}{\Delta t + k(1-x)} \dots\dots\dots [22]$$

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1 \dots\dots\dots [23]$$

Nilai  $C_1$ ,  $C_2$ , dan  $C_3$  dihitung untuk setiap penggal sungai.

**Kesesuaian Model**

Kesesuaian model dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan antara hasil simulasi metode Muskingum-Cunge dan O'Donnel serta metode Muskingum Extended dengan hasil pengamatan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\Delta Q_p = \frac{|Q_{pp} - Q_{ps}|}{Q_{pp}} \times 100\% \dots\dots\dots [24]$$

$$\Delta V_c = \frac{|V_p - V_s|}{V_p} \times 100\% \dots\dots\dots [25]$$

$$\Delta t_c = \frac{|t_{cp} - t_{cs}|}{t_{cp}} \times 100\% \dots\dots\dots [26]$$

Keterangan:

- $Q_{pp}$  = debit puncak pengamatan ( $m^3/s$ ),
- $Q_{ps}$  = debit puncak simulasi ( $m^3/s$ ),
- $V_p$  = volume aliran pengamatan ( $m^3$ ),
- $V_s$  = volume aliran simulasi ( $m^3$ ),
- $t_{cp}$  = waktu puncak pengamatan (jam),
- $t_{cs}$  = waktu puncak simulasi (jam).

**METODE PENELITIAN**

**Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan membandingkan antara hidrograf dari hasil penelusuran banjir dengan metode Muskingum *Extended* dan metode gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge dengan data hidrograf hasil pengamatan.

**Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data ketinggian muka air. Data sekunder yang digunakan adalah :

1. Data AWLR sungai tahun 2011-2012 yang didapat dari Perum Jasa Tirta I Kabupaten Sukoharjo.
2. Data ARR di Stasiun Klaten tahun 2011-2012 yang diperoleh dari Perusahaan Umum Jasa Tirta 1 Kabupaten Sukoharjo,
3. Data hujan harian tahun 2011-2012 yang diperoleh dari Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Karanganyar,
4. Persamaan *rating curve* didapatkan dari Perusahaan Umum Jasa Tirta I, Kabupaten Surakarta
5. Cross section Sungai Dengkeng diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo.
6. Peta topografi digital DAS Dengkeng dari BBWS Bengawan Solo.

**Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan di DAS terpilih dalam Wilayah Sungai Bengawan Solo berdasarkan ketersediaan data AWLR dan data ARR hujan jam-jaman dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. DAS yang dipilih adalah DAS Dengkeng yang berada di Kabupaten Klaten, Sukoharjo dan Surakarta.

**Tahapan Penelitian**

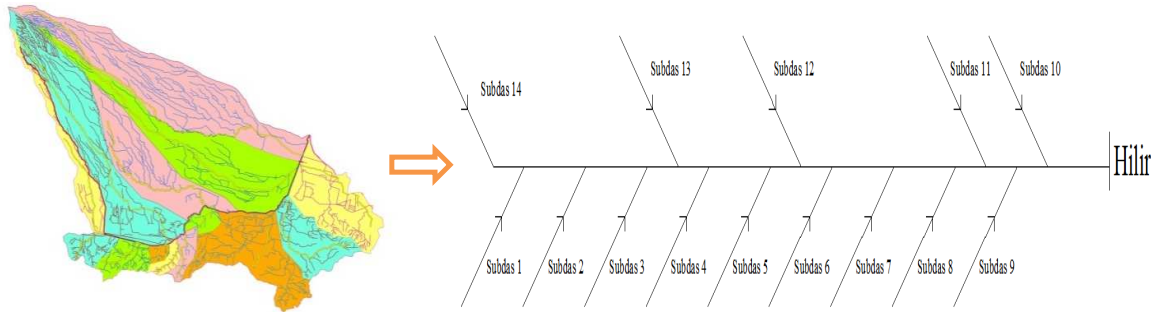
1. Pengumpulan data : debit terukur, ARR, AWLR, peta lokasi stasiun hujan, data hujan harian, peta topografi DAS Dengkeng, data fisik DAS Dengkeng.
2. Membuat polygon Thiessen pada DAS Dengkeng.
3. Transformasi hujan harian menjadi hujan wilayah dengan metode Thiessen.
4. Transformasi hujan wilayah menjadi hujan harian jam-jaman menggunakan pola hujan dari hujan ARR.
5. Menghitung data fisik DAS : luas, kemiringan, dan panjang.
6. Melakukan perhitungan *Inflow* pada setiap anak sungai menggunakan metode HSS Gama I.

7. Membuat perhitungan antara *Inflow* HSS Gama I dengan hujan jam-jaman hasil olahan.
8. Membuat perhitungan *Inflow* pada setiap anak sungai.
9. Perhitungan penelusuran banjir dengan metode Muskingum Cunge-O'donnel dan Muskingum *Extended*.
10. Membuat grafik hubungan antara debit dan waktu (hidrograf).
11. Membandingkan hidrograf metode Muskingum *Extended* dan metode gabungan Muskingum-Cunge dan O'donnel dengan hidrograf data AWLR.

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### HSS Gama I

Proses estimasi hidrograf aliran di hulu menggunakan metode HSS Gama I dengan membagi menjadi subdas sebanyak anak sungai pada Sungai Dengkeng. Skema pembagian wilayah subdas disajikan pada Gambar 2. dibawah ini.



**Gambar 2. Skema Pembagian Subdas Sungai Dengkeng**

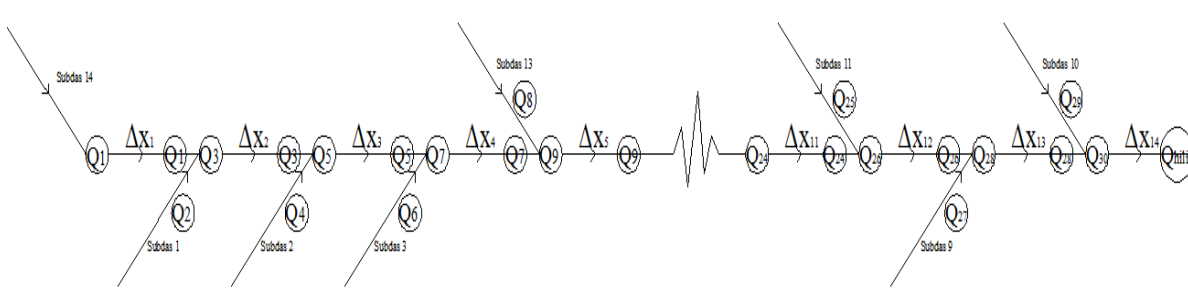
Parameter yang digunakan dalam proses perhitungan HSS Gama 1 untuk mendapatkan hidrograf aliran di setiap subdas yaitu panjang sungai utama, panjang semua sungai orde 1, jumlah pangsa sungai orde 1, jumlah pangsa sungai semua orde, dan jumlah pertemuan sungai. Selain itu RUA dan WF juga berpengaruh dalam perhitungan ini. Rekapitulasi hasil perhitungan HSS Gama I pada 20 Desember 2011 disajikan pada Tabel 1. dibawah ini.

**Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan HSS Gama I pada 20 Desember 2011**

t (jam)	Subdas 1 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 2 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 3 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 4 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 5 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 6 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 7 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 8 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 9 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 10 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 11 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 12 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 13 (m <sup>3</sup> /s)	Subdas 14 (m <sup>3</sup> /s)
0	6,66	7,38	2,77	2,89	3,75	2,37	13,35	8,24	6,58	24,16	14,71	10,39	20,21	12,53
1	6,69	7,41	2,78	2,90	3,77	2,38	13,42	8,28	6,62	24,24	14,79	10,46	20,29	12,58
2	7,01	7,67	2,88	2,98	3,99	2,51	14,11	8,67	7,09	25,13	15,52	11,12	21,15	13,02
3	7,72	8,37	3,10	3,19	4,50	2,82	16,03	9,79	8,49	27,81	17,63	12,76	23,65	14,05
4	7,97	8,88	3,18	3,37	4,75	2,99	17,57	10,70	9,76	30,34	19,44	13,75	25,86	14,52
5	7,82	8,77	3,10	3,39	4,65	2,92	17,59	10,62	9,68	30,50	19,52	13,59	25,83	14,41
6	7,62	8,54	3,01	3,31	4,51	2,83	17,29	10,35	9,36	30,16	19,23	13,21	25,36	14,18
7	7,43	8,31	2,94	3,21	4,36	2,74	16,88	10,04	8,96	29,61	18,81	12,79	24,75	13,93
8	7,26	8,11	2,89	3,13	4,24	2,67	16,45	9,74	8,59	29,03	18,35	12,40	24,13	13,70
9	7,13	7,94	2,85	3,07	4,13	2,60	16,04	9,48	8,25	28,46	17,92	12,05	23,56	13,50
10	7,01	7,81	2,82	3,02	4,04	2,54	15,67	9,25	7,95	27,93	17,51	11,74	23,05	13,31
11	6,92	7,69	2,80	2,98	3,97	2,50	15,31	9,04	7,68	27,40	17,11	11,46	22,56	13,15
12	6,85	7,61	2,79	2,95	3,91	2,46	15,00	8,88	7,46	26,94	16,76	11,24	22,15	13,03
13	6,80	7,55	2,78	2,93	3,87	2,44	14,75	8,75	7,28	26,55	16,47	11,07	21,82	12,93
14	6,76	7,50	2,78	2,92	3,84	2,42	14,53	8,64	7,14	26,22	16,22	10,93	21,54	12,85
15	6,73	7,47	2,77	2,91	3,82	2,40	14,35	8,56	7,03	25,93	16,00	10,82	21,31	12,78
16	6,71	7,45	2,77	2,91	3,80	2,39	14,19	8,49	6,94	25,68	15,82	10,73	21,12	12,73
17	6,70	7,43	2,77	2,90	3,79	2,39	14,06	8,44	6,87	25,47	15,66	10,66	20,96	12,69
18	6,69	7,42	2,77	2,90	3,78	2,38	13,95	8,40	6,81	25,28	15,52	10,61	20,83	12,66
19	6,68	7,41	2,77	2,90	3,77	2,38	13,86	8,36	6,76	25,13	15,41	10,56	20,72	12,63
20	6,68	7,40	2,77	2,89	3,77	2,38	13,78	8,34	6,73	24,99	15,31	10,53	20,63	12,61

### Penelusuran Banjir Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge

Penelusuran banjir dengan Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge menganggap bahwa aliran yang masuk ke sungai utama langsung ditambahkan dengan debit pada titik pertemuan. Skema perhitungan penelusuran banjir menggunakan Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Skema Perhitungan Penelusuran Banjir Metode Gabungan O'Donnell dan Muskingum-Cunge**

Dari Gambar 3. Dapat dilihat proses analisis *inflow* dan *outflow* penelusuran banjir Metode Gabungan O'Donnell dan Muskingum-Cunge dari hulu ke hilir. Hasil akhir perhitungan Metode Gabungan O'Donnell dan Muskingum-Cunge disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Metode Gabungan O'Donnell dan Muskingum-Cunge pada 20 Desember 2011

t	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	C1.I2	C2.I1	C3.O1	Hasil Simulasi (m <sup>3</sup> /s)
0	135,991	0,000	0,000	0,000	135,991
1	136,298	118,009	-73,866	92,115	136,257
2	139,502	120,782	-74,033	92,295	139,044
3	149,082	129,077	-75,774	94,183	147,487
4	158,534	137,260	-80,978	99,902	156,185
5	160,920	139,327	-86,111	105,793	159,009
6	161,331	139,683	-87,407	107,706	159,982
7	160,630	139,076	-87,631	108,365	159,810
8	159,362	137,977	-87,250	108,249	158,976
9	157,762	136,592	-86,561	107,684	157,716
10	155,971	135,042	-85,692	106,831	156,180
11	153,980	133,318	-84,719	105,790	154,389
12	152,061	131,656	-83,638	104,577	152,595
13	150,245	130,084	-82,595	103,362	150,851
14	148,555	128,620	-81,609	102,180	149,192
15	147,002	127,276	-80,691	101,057	147,642
16	145,591	126,054	-79,847	100,007	146,214
17	144,322	124,956	-79,081	99,040	144,914
18	143,190	123,976	-78,392	98,159	143,743
19	142,188	123,108	-77,777	97,366	142,697
20	141,308	122,346	-77,233	96,658	141,771

### Penelusuran Banjir Metode Muskingum *Extended*

Pada penelusuran banjir Metode Muskingum *Extended* *inflow* yang digunakan adalah hasil penjumlahan dari semua aliran yang masuk ke sungai utama melalui anak sungai. Nilai x di trial antara 0,1-0,5. Hasil dari trial diperoleh nilai x pada setiap anak sungai dan sungai utama sebesar 0,5 dan nilai k pada kejadian tanggal 1 Mei 2011 sebesar 2,18. Hasil akhir hidrograf aliran pada kejadian tanggal 20 Desember 2011 dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Metode Muskingum *Extended* pada 20 Desember 2011

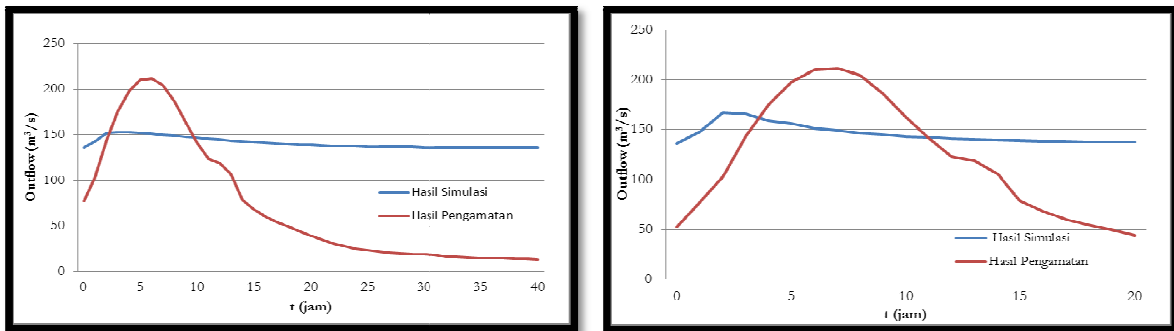
t (jam)	Inflow(m <sup>3</sup> /s)	C0.I2	C1.I1	C2.O1	Outflow (m <sup>3</sup> /s)
0	135,99				135,99
1	136,61	-50,78	135,99	50,55	135,76
2	142,83	-53,09	136,61	50,46	133,98
3	159,91	-59,44	142,83	49,80	133,20
4	173,08	-64,33	159,91	49,51	145,08
5	172,40	-64,08	173,08	53,93	162,93
6	168,97	-62,81	172,40	60,56	170,16
7	164,76	-61,24	168,97	63,25	170,97
8	160,68	-59,72	164,76	63,55	168,59
9	156,98	-58,35	160,68	62,66	164,99
10	153,66	-57,11	156,98	61,33	161,19

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Metode Muskingum *Extended* pada 20 Desember 2011 (Lanjutan)

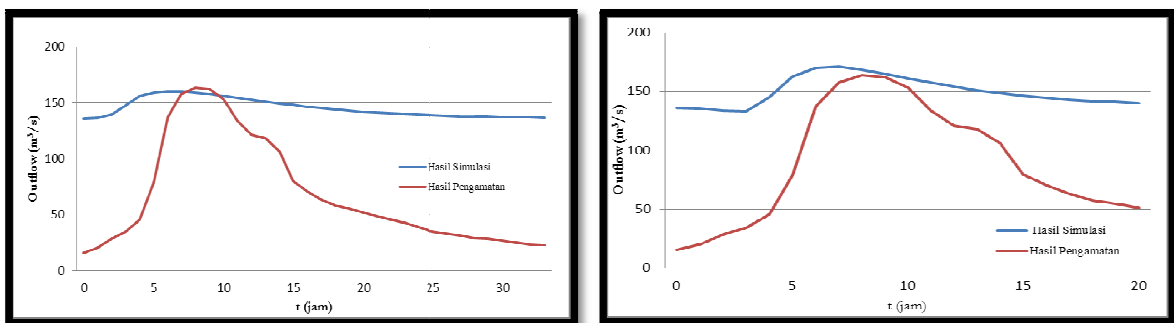
t (jam)	Inflow(m <sup>3</sup> /s)	C0.I2	C1.I1	C2.O1	Outflow (m <sup>3</sup> /s)
11	150,57	-55,97	153,66	59,91	157,60
12	148,05	-55,03	150,57	58,58	154,12
13	145,98	-54,26	148,05	57,29	151,07
14	144,28	-53,63	145,98	56,15	148,50
15	142,89	-53,11	144,28	55,20	146,37
16	141,74	-52,68	142,89	54,41	144,61
17	140,79	-52,33	141,74	53,75	143,16
18	140,00	-52,04	140,79	53,21	141,96
19	139,34	-51,79	140,00	52,77	140,97
20	138,80	-51,59	139,34	52,40	140,15

**Hasil Kesesuaian Model**

Hasil perhitungan penelusuran banjir dengan kedua metode diatas diharapkan memiliki kedekatan hasil dengan hidrograf hasil pengamatan. Selanjutnya dilakukan perhitungan kesesuaian model hasil perbandingan antara hidrograf hasil simulasi metode penelusuran banjir dengan hidrograf hasil pengamatan. Hasil kesesuaian model disajikan pada Gambar 4 dan 5.



**Gambar 4.** Hidrograf Pengamatan dan Simulasi dengan Metode Gabungan O’Donnel dan Muskingum-Cunge dan Metode Muskingum *Extended* pada 1 Mei 2011



**Gambar 5.** Hidrograf Pengamatan dan Simulasi dengan Metode Gabungan O’Donnel dan Muskingum-Cunge dan Metode Muskingum *Extended* pada 20 Desember 2011

Hasil kesesuaian model Metode Gabungan O’Donnel dan Muskingum-Cunge dengan data hasil pengamatan pada tanggal 1 Mei 2011 adalah  $\rho = 27,79\%$ ;  $\rho = 59,20\%$  dan  $\rho = 22,22\%$  sedangkan pada 20 Desember 2011 sebesar  $\rho = 2,82\%$ ;  $\rho = 69,58\%$ ;  $\rho = 25\%$ . Hasil kesesuaian model dengan metode Muskingum *Extended* pada tanggal 1 Mei 2011 adalah sebesar  $\rho = 30,17\%$ ;  $\rho = 13,87\%$ ; dan  $\rho = 12,5\%$  sedangkan pada 20 Desember 2011 sebesar  $\rho = 5,50\%$ ;  $\rho = 67,44\%$ ; dan  $\rho = 22,22\%$ .

## SIMPULAN

1. Penerapan model penelusuran banjir di Sungai Dengkeng memerlukan analisis hidrograf aliran berupa *inflow* dari hulu dengan metode HSS Gama I. Setelah itu dapat dilakukan penelusuran banjir menggunakan Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge serta Metode Muskingum *Extended*. Dari hasil perhitungan hidrograf pengamatan diperoleh debit puncak pada tanggal 1 Mei 2011 dan 20 Desember 2011, yaitu 211,34 m<sup>3</sup>/s dan 163,61 m<sup>3</sup>/s. Hasil debit puncak penelusuran aliran Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge pada kejadian tersebut diatas sebesar 152,60 m<sup>3</sup>/s dan 159,98 m<sup>3</sup>/s. Dan hasil debit puncak hasil penelusuran aliran metode Muskingum *Extended* 147,56 m<sup>3</sup>/s dan 172,62 m<sup>3</sup>/s.
2. Hasil kesesuaian model Metode Gabungan O'Donnel dan Muskingum-Cunge dengan data hasil pengamatan pada tanggal 1 Mei 2011 adalah  $\Delta Q_p=27,79\%$ ;  $\Delta V=59,20\%$  dan  $\Delta t_c=22,22\%$  sedangkan pada 20 Desember 2011 sebesar  $\Delta Q_p=2,82\%$ ;  $\Delta V=69,58\%$ ;  $\Delta t_c=25\%$ . Hasil kesesuaian model dengan metode Muskingum *Extended* pada tanggal 1 Mei 2011 adalah sebesar  $\Delta Q_p=30,17\%$ ;  $\Delta V=13,87\%$ ; dan  $\Delta t_c=12,5\%$  sedangkan pada 20 Desember 2011 sebesar  $\Delta Q_p=5,50\%$ ;  $\Delta V=67,44\%$ ; dan  $\Delta t_c=22,22\%$ .

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Prof. Dr. Ir. Sobriyah, MS dan Ir. Siti Qomariyah, MM yang telah membimbing dan memberi arahan serta masukan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Fleming G. 1975. *Computer Simulation Techniques in Hydrology*. Elsevier. New York.
- Khan, M Hassanuzzaman 1993. *Muskingum Flood Routing Model for Multiple Tributaries*. Bangladesh Agricultural University.
- Triatmodjo. Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Limantara. Lily M Limantara, 2010. *Hidrologi Praktis*. Lubuk Agung.
- Sobriyah. 2010. Model Hidrologi. UNS Press
- Susilowati. 2007. *Analisis Hidrograf Aliran Sungai dengan Adanya Beberapa Bendung Kaitannya dengan Konservasi Air*. Tesis. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Triatmodjo. Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.