

# PENELUSURAN BANJIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE KINEMATIK DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TEMON WONOGIRI

Virnya Nurlaily Andromeda<sup>1)</sup>, Rr. Rintis Hadiani<sup>2)</sup>, Solichin<sup>3)</sup>

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

<sup>2),3)</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: [nvirdya@yahoo.com](mailto:nvirnya@yahoo.com)

## Abstract

Land use watershed area that initially Temon is open land in the form of a forest area, has been widely dubbed enable the settlement of land, moor, and yards. The impact of changes in land use is the reduction of the ability of soil to seep water (infiltration). In addition, in case of rain intensity is high enough, then the volume of surface flow (run off) will also increase. This can lead to the occurrence of potential flooding. This study aims to understand discharge flood according to the time of the equation hidrograf synthesis analysis of the soil conservation service (SCS) and knowing how model of flood routing using kinematic method. This research using kinematic method to know the research for flooding in Temon Watershed, especially in Temon River, Wonogori already divided into several point (point that reviewed). In computation, uses the kinematic method wearing basic Saint-Venant equation. Based on the analysis of the data, it can be concluded that: result by using the Soil Conservation Service (SCS) method used as the inflow flood routing with kinematic method, obtained largest in period 5 and 20 year is: 141,257 m<sup>3</sup>/sec and 197,3853m<sup>3</sup>/sec. The equation for model can be expressed by the equation distance and elevation when the maximum period 5 year is  $h = 289,3.L^{-0,70}$  dan  $h = 410,8 L^{-0,71}$  for period 20 years. Then the equation between discharge and evaluation period 5 year was obtained  $h = 0,070 Q^{0,716}$  dan period 20 year is  $h = 0,067 Q^{0,721}$ . The reliability of correlation model of distance and maximum elevation when 5 and 20 year is 95 %. But for correlation of discharge with maximum elevation period 20 year have the realibility of 99,95%, but in 5 years can't reliable.

**Keywords :** Discharge, Flood Routing, HSS SCS, Kinematic.

## Abstrak

Tata guna lahan di DAS Temon yang semula adalah lahan terbuka yang berupa kawasan hutan, telah banyak dialih fungsikan sebagai lahan pemukiman, tegalan, dan pekarangan. Dampak dari perubahan tata guna lahan adalah terjadinya penurunan kemampuan tanah untuk meresap air (*infiltrasi*). Selain itu jika terjadi intensitas hujan yang cukup tinggi, maka volume aliran permukaan juga akan meningkat. Hal inilah yang dapat menyebabkan terjadinya potensi banjir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir rencana sesuai kala ulang dari perhitungan analisis Hidrograf Satuan Sintesis metode *Soil Conservation Service* (SCS) dan mengetahui bagaimana model penelusuran banjir dengan menggunakan metode kinematik. Penelitian ini menggunakan metode kinematik untuk mengetahui penelusuran banjir di DAS Temon, khususnya Sungai Temon, Wonogiri yang sudah dibagi menjadi beberapa pias (titik yang ditinjau). Dalam perhitungan menggunakan metode kinematik memakai dasar persamaan Saint-Venant. Berdasarkan analisis data, dapat disimpulkan bahwa: hasil debit dengan menggunakan metode Soil Conservation Service (SCS) yang dijadikan debit masukkan pada penelusuran banjir kinematik, didapatkan terbesar pada kala ulang 5 tahun & 20 tahun adalah: 141,257 m<sup>3</sup>/detik dan 197,3853 m<sup>3</sup>/detik. Persamaan modelnya dapat dinyatakan dengan persamaan jarak dan elevasi maksimum kala ulang 5 tahun dengan  $h = 289,3.L^{-0,70}$  dan  $h = 410,8 L^{-0,71}$  untuk kala ulang 20 tahun. Kemudian persamaan antara debit dan elevasi kala ulang 5 tahun didapatkan  $h = 0,070 Q^{0,716}$  dan kala ulang 20 tahun adalah  $h = 0,067 Q^{0,721}$ . Keandalan model hubungan jarak dengan elevasi maksimum kala ulang 5 ataupun 20 tahun sebesar 95%. Namun untuk model hubungan debit dengan elevasi maksimum pada kala ulang 20 tahun memiliki keandalan 99,95%, namun pada kala ulang 5 tahun tidak andal.

Kata Kunci : Debit, Penelusuran Banjir, HSS SCS, Kinematik.

## PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Wilayah DAS Temon secara topografi termasuk wilayah yang curam (kemiringan lahan 15 – 40%), bergelombang dan berbukit dengan struktur tanah didominasi oleh batuan gamping berlapis. kondisi geografis dan struktur geologisnya merupakan jenis batuan kapur berlapis-lapis, sehingga memberikan kesan bahwa daerah ini tampak sebagai kawasan batu bertanah atau tanah hanya sedikit terlihat di celah-celah batu. Jika dilihat pada peta penutupan lahan, DAS Temon, termasuk lahan agak kritis dan kritis. Tata guna lahan di DAS Temon yang semula adalah lahan terbuka yang berupa kawasan hutan, telah banyak dialih fungsikan sebagai lahan pemukiman, tegalan, dan pekarangan.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dilakukan analisis tentang penelusuran banjir untuk mengetahui debit air yang terjadi pada DAS Temon khususnya di Sungai Temon Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah.

**TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

Model prakiraan banjir umumnya model matematis dengan menekankan pada konsep dasar siklus hidrologi. Elemen model mencakup seluruh komponen proses hidrologi secara detail atau sebagian komponen diasumsikan untuk tidak dimasukkan pembentukan model tersebut. Salah satu model prakiraan banjir dengan pendekatan deterministik berdasarkan pendekatan hidraulika adalah penelusuran banjir dengan model kinematik, difusi, kinematik, dan *storage*.

Wahyu Utomo (2012) melakukan penelitian tentang penelusuran banjir dengan menggunakan metode kinetik di Sungai Tirtomoyo dengan kala ulang 50 tahun, dari hasil penelitian didapatkan suatu model penelusuran dengan nilai keandalan sebesar 95%.

**Uji Kepanggahan (Konsistensi)**

Pengujian kepanggahan datadilakukan menggunakan Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Uji kepanggahan ini dilakukan agar data yang telah didapat konsistensi, sehingga dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

**Hujan Wilayah**

Dalam menghitung curah hujan wilayah pada penelitian ini menggunakan metode poligon *Thiessen* karena metode ini cocok untuk jumlah minimal tiga buah stasiun hujan serta merupakan metode yang paling sering digunakan.

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + A_3 P_3 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n P_n} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

- $P$  = Hujan rerata kawasan,
- $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  = Hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n,
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n.

**Pemilihan Jenis Distribusi Sebaran**

Setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing sebaran. Pemilihan sebaran yang tidak benar dapat menciptakan kesalahan perkiraan yang cukup besar. Penentuan jenis analisis distribusi berdasarkan batas persyaratan parameter statistik.

**Uji Kecocokan Sebaran**

Analisis penelitian ini menggunakan uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* yang dilakukan dengan cara membandingkan probabilitas pada tiap-tiap variabel dari suatu distribusi yang hasilnya akan didapat perbedaan ( $\Delta$ ). Sebaran dikatakan sesuai jika  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ .

**Intensitas Hujan Metode Mononobe**

Metode yang dipakai dalam perhitungan intensitas curah hujan pada penelitian ini adalah Metode Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

- $I$  : intensitas hujan (mm/jam),
- $t$  : lamanya curah hujan (jam),
- $R_{24}$  : tinggi hujan rancangan dalam 24 jam.

**Alternating Block Method (ABM)**

Salah satu model distribusi hujan yang dikembangkan untuk mengalih ragamkan hujan harian ke hujan jam-jaman menggunakan *Alternating Block Method*. Hasil yang diharapkan menggunakan metode ini adalah hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi  $\Delta t = 1$  jam selama waktu  $T_d = n \times \Delta t$ .

**Hidrograf Satuan Sintesis *Soil Consevation Service* (HSS SCS)**

Metode hidrograf SCS berupa hidrograf non dimensi yang ordinatnya menjelaskan perbandingan debit dengan debit puncaknya dan absisnya menjelaskan rasio interval waktu dengan waktu saat debit puncak muncul.

$$Q_p: (0,208A/Pr) \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

- Pr : waktu mencapai laju aliran puncak (jam),
- Qp : debit puncak (m<sup>3</sup>/dt).

**Persamaan Metode Kinematik**

Penelusuran banjir metode kinematik dilakukan dengan persamaan linear. Penelusuran akan berjalan bertahap pada kotak-kotak hubungan waktu (j) dan jarak (i). Jika debit pada i, j+1 dan i+1, j sudah diketahui maka debit pada jarak i+1 dan waktu j+1 juga akan diketahui.

$$\alpha = \left( \frac{n P^{2/3}}{\sqrt{S}} \right)^{0,6} \dots\dots\dots(4)$$

$$Q_{i+1}^{j+1} = \frac{\left[ \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_{i+1}^{j+1} + \alpha \beta \left( \frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]}{\left[ \frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha \beta \left( \frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]} \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

- Q : debit aliran (m<sup>3</sup>/detik),
- β : koefisien momentum (tidak berdimensi),
- Δt : interval waktu (detik),
- Δx : interval jarak (meter),
- n : koefisien kekasaran manning,
- α : kecepatan aliran (m/detik)
- P : lebar permukaan atas sungai (meter),
- S : kemiringan (*slope*) dasar aliran,
- i : step jarak,
- j : step waktu.

**Model Banjir**

Model dapat dipercaya apabila nilai rerata tinggi muka air muka air yang dihitung dengan persamaan model terletak pada interval kepercayaan pada rerata tinggi muka air.

$$X_{rata-rata} - t_p \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < X_{rata-rata} + t_p \frac{S}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(6)$$

dengan:

- t<sub>p</sub> : nilai t dari daftar distribusi pada p : 1/2 (1+α) dan dk : n-1 (lampiran A)
- μ : rata-rata hitung kondisi sebenarnya,
- S : deviasi standar,
- n : jumlah data.

**METODE PENELITIAN**

Lokasi penelitian ini dilakukan di Wilayah DAS Temon, Kabupaten Wonogiri, Jawa tengah yang secara astronomis terletak diantara 7°32' - 8°15' LS dan 110°41' - 111°18' BT. Data-data yang diperlukan antara lain data hujan harian tahun 2004-2014 dari tiga stasiun yang dipilih, peta DAS Temon skala 1:25000, dan data Sungai Temon sebagai acuan yang mewakili di DAS Temon. Analisis data dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel, ArcGIS, dan Autocad.

Penelitian yang pertama dilakukan adalah uji konsistensi data hujan yang diperoleh. Setelah itu data hujan yang berupa hujan titik diubah menjadi hujan wilayah yang nantinya diuji parameter statistik untuk mengetahui jenis sebaran hujan. Setelah pola hujan diketahui dilakukan perhitungan debit rencana kala ulang menggunakan HSS SCS yang nantinya digunakan sebagai debit masukan untuk penelusuran banjir menggunakan metode kinematik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Perhitungan Hujan Wilayah**

Pada penelitian ini untuk menentukan hujan wilayah digunakan metode poligon *Thiessen*. Data curah hujan yang digunakan berupa data hujan harian selama 10 tahun dari tahun 2004– 2014 yang berasal dari tiga stasiun hujan yaitu Batuwarno, Baturetno, dan Ngancar.

Dari poligon Thiessen tersebut dapat dihitung luasan masing- masing wilayah stasiun hujan dengan menggunakan program ArcGIS. Luas daerah tangkapan hujan masing-masing stasiun penakar hujan dengan menggunakan program ArcGIS:

Tabel 1. Koefien Thiessen Stasiun Hujan

Stasiun Hujan	Luas (Km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen
Baturetno	6,2880	0,1991
Batuwarno	8,1856	0,2592
Ngancar	17,1094	0,5417
<b>Jumlah</b>	<b>31,5829</b>	<b>1</b>

### Distribusi dan Sebaran Hujan

Dari hasil parameter statistik diperoleh nilai Cs = 0,2093 dan Ck = 0,5424. Karena persyaratan distribusi tidak terpenuhi, maka penelitian ini memiliki distribusi hujan Log Pearson III. Kemudian dari hasil Uji Smirnov syarat  $\Delta_{maksimum} < \Delta_{kritis}$  terpenuhi yaitu  $0,201 < 0,39$ .

### Analisis Frekuensi Hujan

Dengan menggunakan tabel distribusi untuk koefisien kemencengan (Cs) , didapatkan masing-masing nilai kala ulang 5 dan 20 tahun adalah 0,830 dan 1,64. Sehingga perhitungan hujan rancangan yang diperoleh:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Hujan Rancangan

T	G	G.S	Log Q (log $\bar{X} + G.S$ )	Rt 10 <sup>Log Q</sup>
5	0,830	0,148	1,905	80,357
20	1,646	0,293	2,050	112,290

### Intensitas Hujan Metode Mononobe

Sebelum menghitung intensitas hujan dengan mononobe, diperlukan waktu konsentrasi (Tc) yang dihitung menggunakan persamaan rumus kirpich.

$$T_c = \frac{0,0195}{60} \left( \frac{14438,9}{\sqrt{0,0233}} \right)^{0,77}$$

$$= 132,1025 \text{ menit}$$

$$= 2,2017 \text{ jam} \approx 3 \text{ jam}$$

Sehingga diperoleh perhitungan hujan rancangan:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Hujan Rancangan

Jam ke-	5 tahunan	20 tahunan
t	Rt	Rt
jam	mm/jam	mm/jam
1	27,858	38,929
2	17,550	24,524
3	13,393	18,715

### Alternating Block Method

Dilakukan analisis *Alternating Block Method* (ABM) untuk menentukan analisis pola hujan.

Tabel 4. *Alternating Block Method* (5 Tahun)

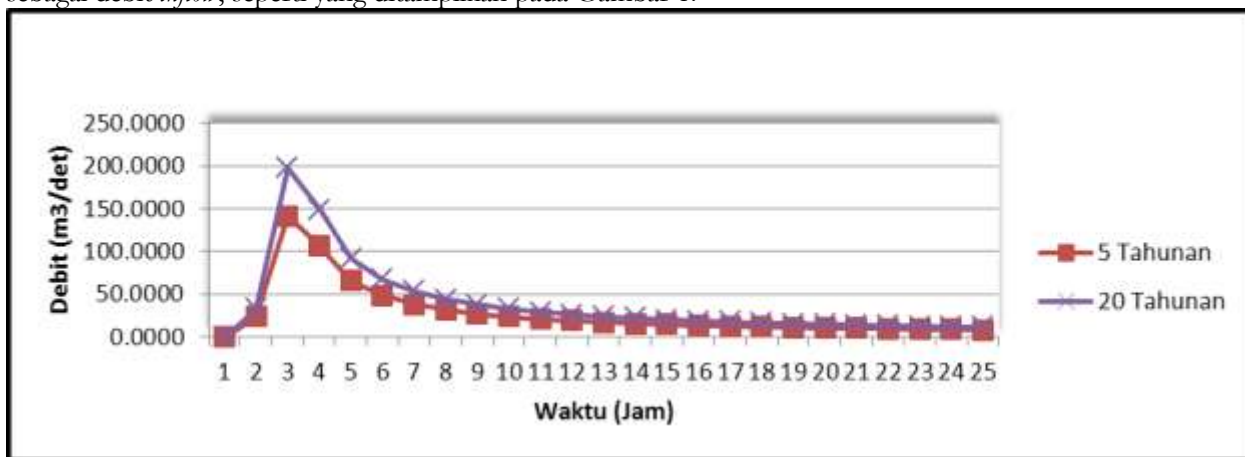
t	Rt	Hujan	Incr'tal Dept		Incr'tal Dept	
jam	mm/jam	mm	mm	%	mm actual	ABM
1	27,858	27,858	27,858	0,693	55,717	10,159
2	17,550	35,099	7,241	0,180	14,482	55,717
3	13,393	40,179	5,079	0,126	10,159	14,482
Jumlah			40,179	1,000		

Tabel 5. *Alternating Block Method* (20 Tahun)

t jam	Rt mm/jam	Hujan mm	Incr'tal Dept mm	%	Incr'tal Dept mm actual	ABM
1	38,929	38,929	38,929	0,693	77,858	14,196
2	24,524	49,047	10,118	0,180	20,237	77,858
3	18,715	56,145	7,098	0,126	14,196	20,237
Jumlah			56,145	1,000		

### Hidrograf Satuan Sintesis *Soil Conservation Service*

Berdasarkan hasil unit hidrograf koreksi yang dikalikan dengan ABM maka akan didapatkan nilai HSS SCS sebagai debit *inflow*, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1:



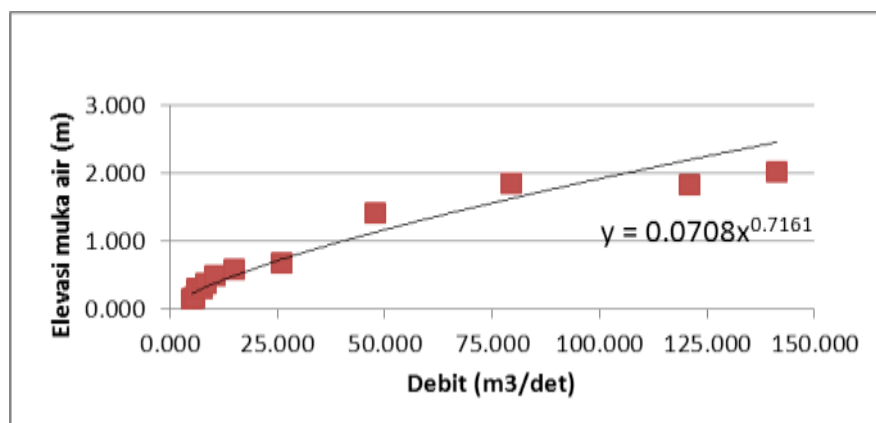
Gambar 1. Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) SCS

Gambar 1 menunjukkan hasil debit yang akan dijadikan debit masukan pada perhitungan penelusuran banjir metode kinematik, dimana pada hidrograf aliran SCS ini menghasilkan debit maksimum yang terjadi pada kala ulang 5 dan 20 tahun adalah pada jam ke-3.

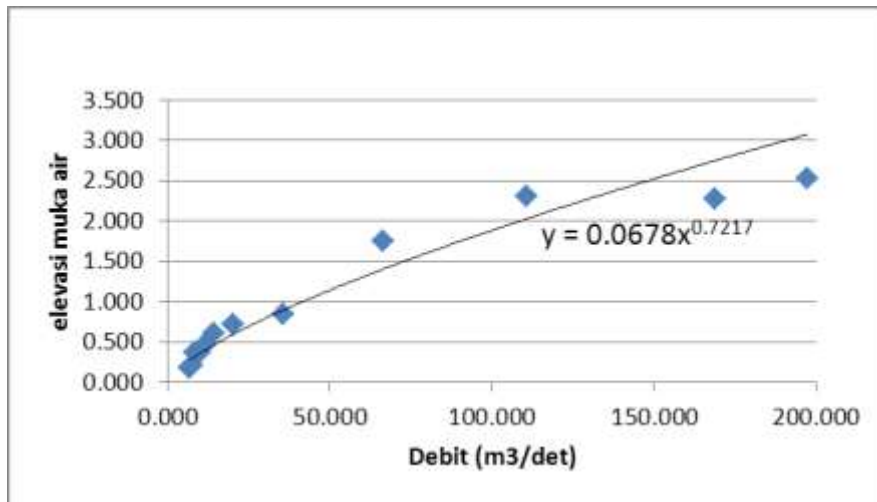
### Penelusuran Banjir Metode Kinematik

Hasil debit pada pias pertama (*outflow*) akan menjadi debit masukan (*inflow*) pada pias kedua, kemudian hasil debit pada pias kedua (*outflow*) akan menjadi debit masukan (*inflow*) pada pias ketiga, dan demikian seterusnya hingga pias yang terakhir yaitu pias ke 11.

Model diperoleh dengan cara menggambarkan grafik hubungan debit dan tinggi muka air muka air nilai maksimum. Debit maksimum didapatkan dari hasil penelusuran banjir pada masing-masing pias yang memiliki debit paling maksimum, begitu juga untuk tinggi muka air maksimumnya.



Gambar 2. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air Maksimum dan Debit Maksimum (5 Tahun)



Gambar 3. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air Maksimum dan Debit Maksimum (20 Tahun)

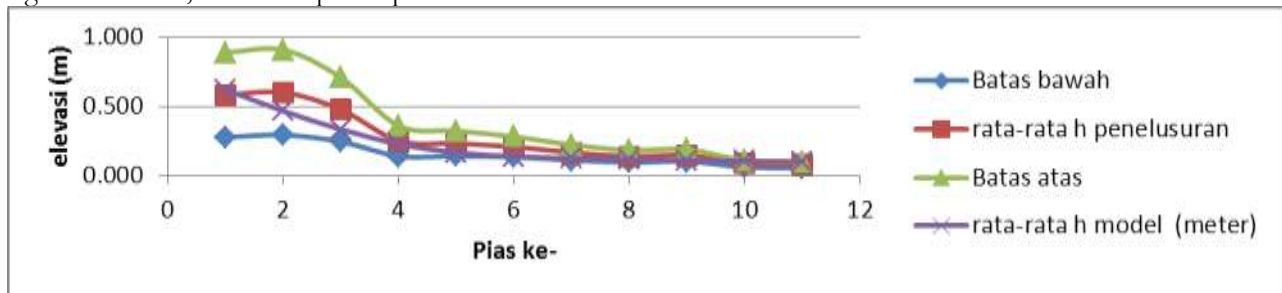
Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan hubungan tinggi muka air dengan debit maksimum yang ditampilkan berupa grafik. Grafik hubungan tinggi muka air dengan debit maksimum pada masing-masing kala ulang 5 dan 20 tahun dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Q_5 \rightarrow h=0,070 Q^{0,716}$$

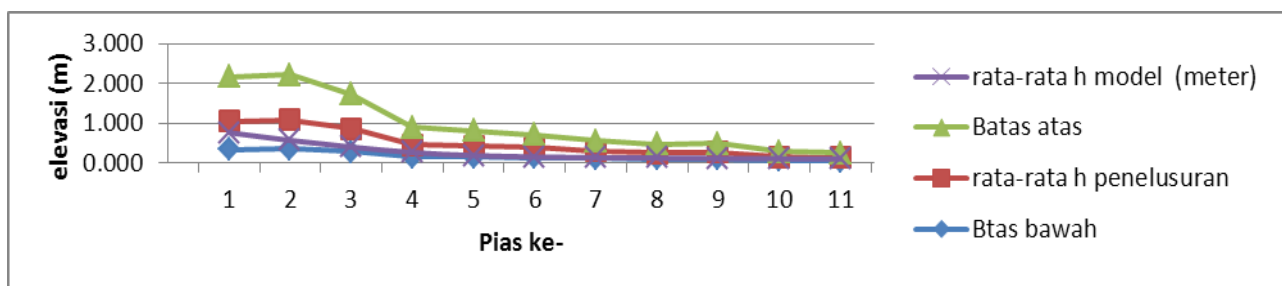
$$Q_{20} \rightarrow h=0,067 Q^{0,721}$$

#### Verifikasi Model Banjir

Verifikasi terhadap model dilakukan untuk menentukan keandalan dan tingkat kepercayaan terhadap model tersebut. Nilai keandalan dihitung dengan menghitung parameter rata-rata dari hasil model tiap pias. Verifikasi hubungan debit dan tinggi muka air dihitung berdasarkan penelusuran banjir metode kinematik dengan tingkat signifikan  $\alpha = 0,05\%$  ditampilkan pada Gambar 4 dan Gambar 5:



Gambar 4. Grafik Interval Kepercayaan Model (5 Tahun)



Gambar 5. Grafik Interval Kepercayaan Model (20 Tahun)

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan verifikasi hubungan tinggi muka air dengan debit maksimum yang ditampilkan berupa grafik. Grafik verifikasi hubungan tinggi muka air dengan debit maksimum pada kala ulang 5 dan 20 tahun diperoleh rata-rata tinggi penelusuran maupun model masih berada dalam batas toleransi (kecuali pada hasil kala ulang 5 tahunan pias kesepuluh dan sebelas) dengan keandalan mencapai 99,95%.

Sedangkan verifikasi model hubungan jarak dan tinggi muka air dihitung berdasarkan penelusuran banjir metode kinematik dengan tingkat signifikan  $\alpha = 5\%$  diperlihatkan pada Tabel 6 dan Tabel 7:

Tabel 6. Interval Kepercayaan Model Hubungan Jarak dan Tinggi Muka Air dengan Signifikan  $\alpha = 5\%$  (5 Tahun)

Pias	Jarak (meter)	h penelusuran (meter)	h model (meter)
1	520,500	2,019	2,626
2	1778,100	1,822	1,153
3	3293,900	1,846	0,763
4	6010,000	1,408	0,510
5	8039,900	0,687	0,420
6	9211,400	0,591	0,383
7	9959,800	0,495	0,363
8	10445,700	0,379	0,352
9	11146,800	0,308	0,337
10	11824,300	0,308	0,324
11	12046,800	0,174	0,320
Rata-rata hitung		0,912	0,686

Tabel 7. Interval Kepercayaan Model Hubungan Jarak dan Tinggi Muka Air dengan Signifikan  $\alpha = 5\%$  (20 Tahun)

Pias	Jarak (meter)	h penelusuran (meter)	h model (meter)
1	520,500	2,530	2,915
2	1778,100	2,277	1,280
3	3293,900	2,303	0,847
4	6010,000	1,744	0,566
5	8039,900	0,840	0,466
6	9211,400	0,718	0,425
7	9959,800	0,598	0,403
8	10445,700	0,455	0,391
9	11146,800	0,368	0,374
10	11824,300	0,366	0,360
11	12046,800	0,206	0,355
Rata-rata hitung		1,128	0,762

Contoh perhitungan Interval kepercayaan model (20 tahun):

- $\Pi$  = 11
- $dk$  =  $11-1 = 10$
- $t_p$  = 1,812

Contoh perhitungan interval kepercayaan pada pias pertama kala ulang 20 tahun adalah :

$$\text{Rata-rata hitung} = 1,128$$

$$S = 0,897$$

$$\text{Batas atas} = 1,128 + 2,23 \frac{0,897}{\sqrt{11}} = 1,301$$

$$\text{Batas bawah} = 1,128 - 2,23 \left( \frac{0,897}{\sqrt{11}} \right) = 0,524$$

Tinggi muka air rerata model adalah 0,762 sehingga :  $0,524 < 0,762 < 1,301$ . Maka nilai rerata model masih berada di batas toleransi kepercayaan model dan nilai keandalan 95 %.



## SIMPULAN

Hasil dari analisis ini diperoleh bahwa dengan menggunakan metode Soil Conservation Service (SCS) yang dijadikan debit masukan pada penelusuran banjir kinematik, didapatkan terbesar pada kala ulang 5 tahun & 20 tahun adalah: 141,257 m<sup>3</sup>/detik dan 197,3853 m<sup>3</sup>/detik.

Persamaan model penelusuran banjir dengan menggunakan metode kinematik di DAS Temon dinyatakan dengan persamaan didapatkan:

- Jarak dan elevasi maksimum:

$$5 \text{ thn} \rightarrow h = 289,3 \cdot L^{-0,70}$$

$$20 \text{ thn} \rightarrow h = 410,8 \cdot L^{-0,71}$$

- Debit dan elevasi:

$$5 \text{ thn} \rightarrow h = 0,070 \cdot Q^{0,716}$$

$$20 \text{ thn} \rightarrow h = 0,067 \cdot Q^{0,721}$$

Keandalan model pada penelusuran banjir kinematik didapatkan:

- Model hubungan debit dengan elevasi maksimum pada kala ulang 20 tahun dapat diterima pada toleransi  $\alpha=0,05\%$  dengan keandalan 99,95%, namun pada kala ulang 5 tahun tidak dapat diterima meskipun dengan keandalan 99,95 %.
- Model hubungan jarak dengan elevasi maksimum pada kala ulang 5 ataupun 20 tahun dapat diterima pada toleransi  $\alpha=5\%$  dengan keandalan 95%

## TERIMAKASIH

Saya ucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing skripsi Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, MT dan Ir. Solichin, MT, yang telah membimbing saya hingga selesainya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andromeda, Viridya Nurlaily. 2010. *Penelusuran Banjir di Sungai Temon Sub DAS bengawan Solo Hulu III dengan Metode Muskingum-Cunge*. Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil Progam Studi DIII Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Ariani Budi Safarina, 2010. *Model Analisa Metoda Hydrograf Satuan Sintetik Untuk Berbagai Karakteristik Aliran Sungai*. Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi: Bandung.
- Asdak Chay. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada Press.
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Keputusan Menteri Perumahan dan Prasarana Wilayah Nomor : 360/KPTS/M/2004
- M.Siing, Basuki Widodo. 2011. *Jurnal Penyelesaian Model Matematika Penelusuran Banjir Gelombang Difusi (Diffusion Wave Flood Routing)*. Fakultas Mipa, Universitas Negeri Yogyakarta
- Montarcih, Lily. 2010. *Penelusuran Banjir Lewat Sungai : studi kasus sungai Dodokan*. Malang : CV. Citra Malang.
- Triadmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Utomo, Wahyu. 2012. *Penelusuran Banjir di Sungai Tirtomoyo dengan Menggunakan Metode Dinamik*. Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret: Surakarta.