



## PERAMALAN BANJIR SUNGAI KOTA

Suharyanto, Robert J. Kodoatie, dan Fisika Prasetyo P.\*

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro

\*fisikaprasetyo@yahoo.co.id

### Intisari

Sungai Beringin di Kota Semarang telah menyebabkan banjir hampir setiap tahun. Salah satu banjir terbesar terjadi pada 2010 yang menyebabkan 2 orang tewas dan kerusakan perumahan, jalan, sawah, kolam ikan, dan lain-lain. Banjir juga merugikan kegiatan ekonomi dan kesejahteraan sosial. Untuk mengurangi kerugian karena banjir Sungai Beringin dapat dilakukan dengan sistem peramalan banjir, sehingga orang akan memiliki waktu untuk menyelamatkan barang berharga dan mengungsi. Penelitian ini disponsori oleh *Rockefeller foundation*, dikelola oleh *Mercy Corps*, dan diberikan kepada Tim Kota Semarang sebagai bagian dari Program ACCCRN (*Asian Cities' Climate Change Resilient Networks*). Dalam penelitian ini, Sungai Beringin yang memiliki luas DAS 30,10 km<sup>2</sup> terbagi menjadi 8 sub-DAS. Debit banjir secara spasial dianalisis dengan menggunakan software HEC-HMS. Perkiraan debit banjir secara spasial pada berbagai skenario curah hujan dilakukan dengan menggunakan model HEC-HMS. Selanjutnya, Model HEC RAS digunakan untuk membuat fungsi peramalan tma di stasiun Wonosari (hilir) sebagai fungsi dari tma di stasiun hulu (Wates dan Jl. Cengkeh). Dari berbagai hasil skenario hujan, maka fungsi peramalan tma banjir di hilir dapat diperoleh dari analisa regresi. Fungsi peramalan tma banjir terbaik adalah  $H_{\text{Wonosari}} = (0,604 H_{\text{Wates}} - 72,505)$  yang memiliki koefisien korelasi  $R^2 = 0,946$ . Hasil verifikasi menunjukkan bahwa rasio perbedaan peramalan versus pengamatan  $< 15 \%$ .

Kata Kunci: peramalan banjir, sungai kota, Sungai Beringin

## PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Sungai Beringin dengan Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 30,10 km<sup>2</sup> (peta RTRW Kota Semarang 2011-2031). Dari tinjauan topografi DAS Beringin dapat dibedakan menjadi dua bagian, daerah hulu dan daerah hilir. Daerah hulu di Selatan merupakan perbukitan dengan kemiringan yang cukup terjal, dengan ketinggian + 12,5 m sampai 250 m. Persoalan Sungai Beringin berawal dari perubahan tata guna lahan di daerah hulu, khususnya dari lahan terbuka (hutan, semak-semak, dan lading atau pertanian) menjadi perumahan dan perkampungan.

Berkurangnya kawasan terbuka hijau/hutan di DAS Beringin daerah hulu dapat mempengaruhi *run-off* yang terjadi, sehingga dimungkinkan mengakibatkan peningkatan limpasan permukaan, penurunan waktu konsentrasi, dan sekaligus penurunan pengisian air tanah. Dengan demikian debit di musim penghujan akan cenderung meningkat dan sebaliknya debit akan menurun di musim kemarau.





Perbandingan  $Q_{max}$  (biasanya di musim penghujan) dan  $Q_{min}$  (di musim kemarau) sungai sangat besar. Semakin besar rasio  $Q_{max}$  dengan  $Q_{min}$  suatu sungai, mengindikasikan semakin rusaknya DAS (Kodoatie, 2008).

Kejadian Banjir yang pernah terjadi di Sungai Beringin

1. Tahun 1990 : Genangan pada lahan seluas 860 ha, meliputi Mangkang Wetan (0,6 m, 48 jam), Mangunharjo(0,50 m, 2 jam)
2. Desember 1998 : Ditempat-tempat tertentu sungai melimpah , di Mangkang Kulon (0,6 m, 2 jam)
3. Februari 1999 : Kerusakan 30 ha sawah dan 15 ha tambak
4. Pengendalian Banjir telah dilakukan yaitu antara lain normalisasi sungai, peninggian tanggul, saluran, Pasangan dll. Dengan Prediksi mampu menampung  $Q_{25}$ th.
5. November-Desember 2010 hujan lebat di DAS Beringin menyebabkan Sungai Beringin banjir, mengakibatkan 6 orang tewas karena terseret arus (Gambar 1), tanah longsor dan hujan lebat juga menyebabkan banjir di Kecamatan Tugu dikarenakan tanggul Sungai Beringin jebol. Akibat kejadian tersebut puluhan rumah di tiga kelurahan terendam banjir hingga 0,5 meter. Banjir yang terjadi akibat jebolnya tanggul kali beringin ini menyebabkan puluhan rumah di Kecamatan Tugu Semarang tergenang. Dalam sekejap tiga Kelurahan di Kecamatan Tugu yakni Mangkang Wetan, Mangkang Kulon, dan Mangunharjo terendam air antara 0,3 m hingga 0,5 m. Berikut ini adalah foto yang diambil pasca banjir bandang yang terjadi di Sungai Beringin di Tahun 2010:



Gambar 1. Kerusakan akibat banjir Sungai Beringin di Tahun 2010  
(<http://foto.detik.com/>, diakses tanggal 29 Juni 2012)

## 2. Studi Pustaka

Menurut Soemarto (1993), Cara penelusuran banjir yang sering digunakan adalah cara Muskingum, yang hanya berlaku dalam kondisi sebagai berikut :

1. Tidak terdapat anak sungai yang masuk ke dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau
2. Penambahan atau kehilangan air oleh curah hujan, aliran masuk atau keluar air tanah dan evaporasi, kesemuanya di abaikan.

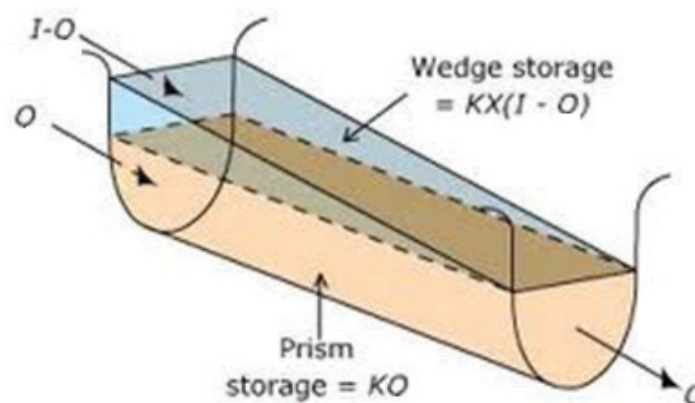




Metode penelusuran banjir melalui sungai yang banyak digunakan adalah Metode Muskingum. Metode ini memodelkan volume tampungan banjir di alur sungai, yang merupakan gabungan antara tampungan prisma dan tampungan baji. Tampungan air di sungai tergantung pada aliran masuk (*inflow*), aliran keluar (*outflow*), dan karakteristik hidraulik sungai. Seperti terlihat dalam Gambar 2, tampungan prisma yang terbentuk oleh tampang lintang sungai sepanjang saluran mempunyai volume konstan. Pada saat banjir datang, aliran masuk lebih besar dari aliran keluar sehingga terbentuk tampungan baji (Triatmodjo B, 2008).

Salah satu cara menganalisis penelusuran banjir adalah dengan menggunakan metode Muskingum, dimana prinsipnya adalah kontinuitas debit masuk dengan debit keluar.

$$I - O = S/t, \text{ menjadi } (I_1 + I_2)/2 + (O_1 + O_2)/2 = (S_2 - S_1)/\Delta t,$$



Gambar 2 Tampungan Prisma dan Tamapungan Baji (Triatmodjo, 2008)

### Analisa Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS

#### a) Metode Perhitungan Volume Limpasan dengan HEC HMS

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungkan infiltrasi, evaporasi ataupun jenis kehilangan volume lainnya. Sedangkan jatuhnya air hujan pada lapisan yang kedap air juga merupakan limpasan.

Didalam pemodelan HEC-HMS ini, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat kita gunakan, yaitu (HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:38):

1. *The initial and constant-rate loss model,*
2. *The deficit and constant-rate loss model,*
3. *The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded), dan*
4. *The Green and Ampt loss model.*

Karena keterbatasan ketersediaan data lapangan yang dibutuhkan didalam penggunaan metode-metode perhitungan tersebut diatas, maka penulis memilih metode *SCS curve number (CN)* yang dianggap paling mudah di aplikasikan dalam perhitungan.





## **Analisa Hidraulika dengan HEC RAS**

Hitungan hidraulika aliran pada dasarnya adalah mencari kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang alur yang ditimbulkan oleh debit yang masuk ke dalam alur dan kedalaman aliran di batas hilir. Hitungan hidraulika aliran di dalam HEC-RAS dilakukan dengan membagi aliran ke dalam dua kategori, yaitu aliran permanen dan aliran tak permanen. HEC-RAS menggunakan metode hitungan yang berbeda untuk masing-masing kategori aliran tersebut (*HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, Version 4.1, January 2010*).

## **METODE PENELITIAN**

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini adalah

1. Pemodelan konversi hujan menjadi debit banjir dengan HEC-HMS dan tinggi muka air banjir dengan HEC-RAS
2. Analisa penentuan fungsi peramalan banjir dengan Model Statistik

Kemudian secara detail, langkah langka tersebut digambarkan pada bagan alir di halaman berikut.

### **Teknik Pengambilan Data**

1. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan pada kegiatan ini meliputi Pengumpulan Data : Data curah hujan, Peta topografi, Peta Kota Semarang, Tata guna lahan, Rencana tata ruang dan wilayah, Rencana detail tata ruang kota.

2. Pengumpulan Data Primer

Data primer yang akan dilakukan untuk pelaksanaan kegiatan ini adalah survey lapangan untuk melakukan identifikasi lahan yang meliputi Tata guna lahan, Jenis tanah, Penutup tanah, dan sebagainya.

### **Teknik Analisis Data**

Untuk membandingkan hasil perhitungan perangkat lunak HEC-HMS dan HEC-RAS, Peneliti juga akan menghitung analisis hidrologi dan melakukan pengecekan perhitungan hidraulik secara manual dengan persamaan matematis.

1. Analisis Tata Guna Lahan

Analisis tata guna lahan yang dilakukan adalah identifikasi penggunaan lahan DAS Beringin dengan bantuan GIS.

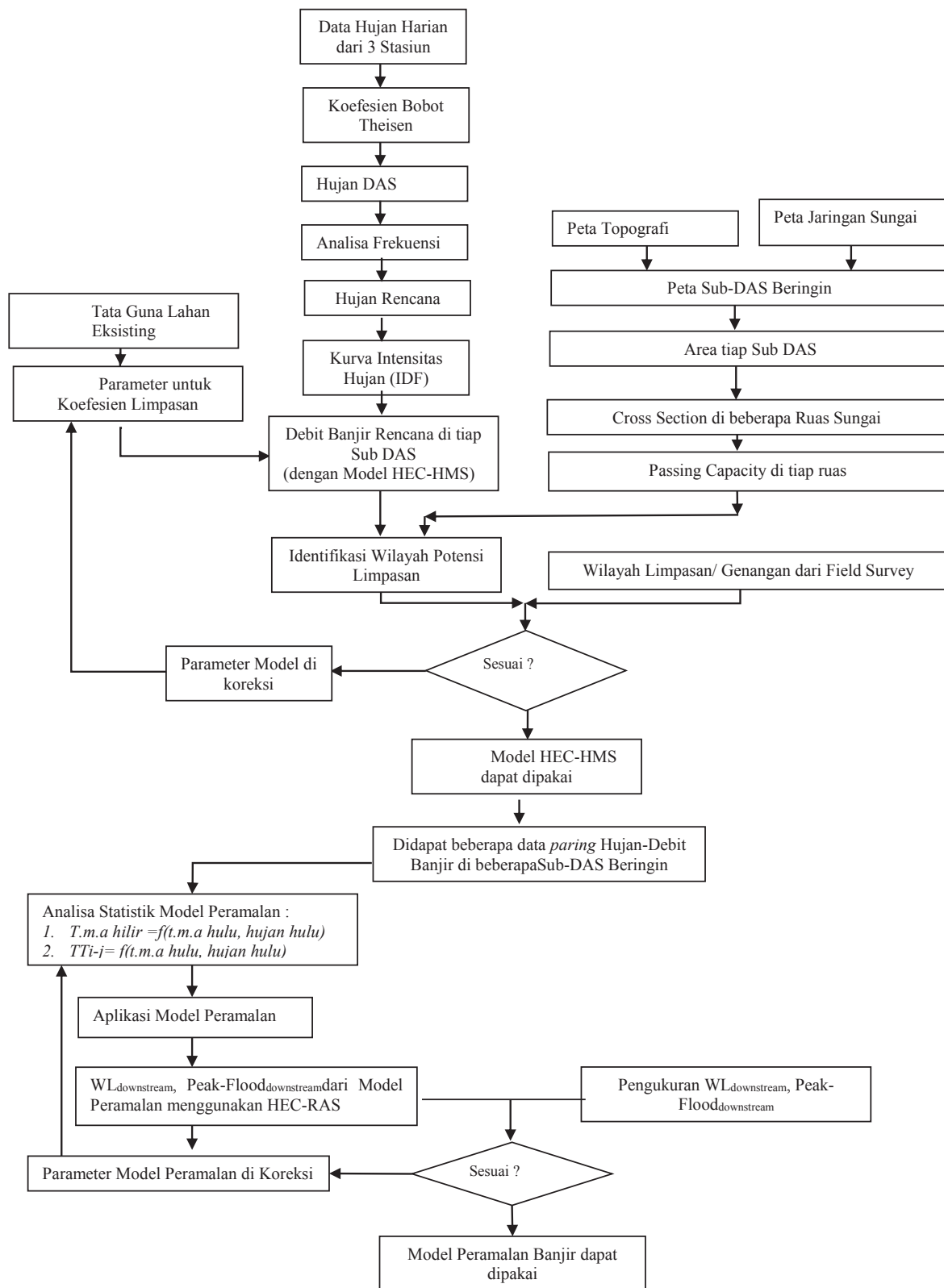
2. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi yang dilakukan antara lain :

1. Analisis curah hujan harian maksimum
2. Perhitungan intensitas curah hujan dengan metode Mononobe.
3. Perhitungan debit banjir rencana dengan Metode HSS Gama-1



### Diagram Alir Pembuatan Model Peramalan Banjir



4. Perhitungan debit banjir rencana dengan Program HEC-HMS metode SCS *curve number*.
5. Data debit Sungai Beringindiolah untuk menganalisis penelusuran banjir dengan metode muskingum. Pengolahan data menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS.

### 3. Analisis Hidrolik Sungai

Data yang diperlukan untuk menunjang analisis hidrolik sungai antara lain, data topografi Sungai Beringin yang diperoleh dari survei topografi sehingga kita dapat mengetahui denah situasi Sungai Beringin, konfigurasi dasar sungai secara memanjang, dan penampang melintang sungai.

Penelusuran banjir secara hidraulik menggunakan permodelan matematik. Debit masukan diambil dari hasil analisis hidrologi untuk mengetahui debit rencana. Selanjutnya permodelan matematik digunakan untuk menganalisis karakteristik sungai untuk penelusuran banjir. Permodelan matematik akan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-RAS.

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Rekapitulasi Debit Banjir pada Hilir Sungai Beringin

	Metode	2-yr	5-yr	10-yr	25-yr	50-yr	100-yr
Hasil Analisa	HMS metode SCS	116,70	191,00	244,60	315,80	374,30	437,70
	Gama 1	102,10	183,08	244,68	330,92	403,29	483,22
	2005	138,34	178,29	208,48	247,73	278,06	-
Studi terdahulu	2009	-	-	-	297,0	-	-
	2011	115.03	157.16	192.41	246.52	294.66	350.42

### Debit Banjir HEC HMS dengan beberapa kasus Hujan

Model HEC HMS metode SCS *curve number* menggunakan beberapa skenario curah hujan sehingga menghasilkan debit sungai. Dengan memasukkan beberapa skenario curah hujan pada setiap sub DAS dan menjalankan simulasi model HEC HMS akan menghasilkan debit sungai pada setiap outlet sub-DAS dan di setiap persimpangan. Hasil dari analisa debit sungai ditunjukkan dalam Tabel 5. Dalam table dibawah, Xij adalah curah hujan pada sub DAS, i memiliki arti sebagai curah hujan di sub-DAS, j adalah waktu terjadinya hujan. Satuan hujan adalah mm / jam. Sementara itu Qsub DAS merupakan outflow dari sub-DAS. Qjunction merupakan debit di pertemuan sungai.

## MODEL PERAMALAN BANJIR DAS BERINGIN

Dari aliran sungai yang dihasilkan di atas, analisis statistik pada pengembangan model peramalan dapat dilakukan. Tujuan dari perumusan peramalan banjir adalah untuk memprediksi debit di persimpangan 1 (Qjunction 1) sebagai fungsi dari curah

Tabel 2 Hasil dari Debit Banjir menggunakan HEC-HMS metode SCS untuk berbagai kasus Curah Hujan

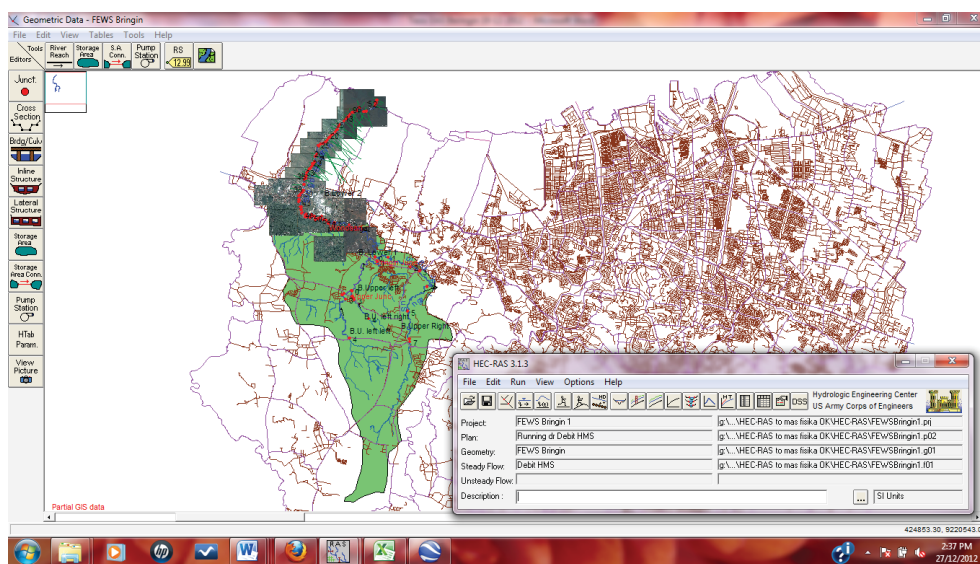
Kasus	Kasus	Debit pada tpm 0.00												Debit pada tpm 0.25												Debit pada tpm 0.50												Debit pada tpm 0.75												Debit pada tpm 1.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		Case1		Case2		Case3		Case4		Case5		Case6		Case7		Case8		Case9		Case10		Case11		Case12		Case13		Case14		Case15		Case16		Case17		Case18		Case19		Case20		Case21		Case22		Case23		Case24		Case25		Case26		Case27		Case28		Case29		Case30		Case31		Case32		Case33		Case34		Case35		Case36		Case37		Case38		Case39		Case40		Case41		Case42		Case43		Case44		Case45		Case46		Case47		Case48		Case49		Case50		Case51		Case52		Case53		Case54		Case55		Case56		Case57		Case58		Case59		Case60		Case61		Case62		Case63		Case64		Case65		Case66		Case67		Case68		Case69		Case70		Case71		Case72		Case73		Case74		Case75		Case76		Case77		Case78		Case79		Case80		Case81		Case82		Case83		Case84		Case85		Case86		Case87		Case88		Case89		Case90		Case91		Case92		Case93		Case94		Case95		Case96		Case97		Case98		Case99		Case100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		Q <sub>max</sub>	Q <sub>15</sub>	Q <sub>30</sub>	Q <sub>45</sub>	Q <sub>60</sub>	Q <sub>75</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>105</sub>	Q <sub>120</sub>	Q <sub>135</sub>	Q <sub>150</sub>	Q <sub>165</sub>	Q <sub>180</sub>	Q <sub>195</sub>	Q <sub>210</sub>	Q <sub>225</sub>	Q <sub>240</sub>	Q <sub>255</sub>	Q <sub>270</sub>	Q <sub>285</sub>	Q <sub>300</sub>	Q <sub>315</sub>	Q <sub>330</sub>	Q <sub>345</sub>	Q <sub>360</sub>	Q <sub>375</sub>	Q <sub>390</sub>	Q <sub>405</sub>	Q <sub>420</sub>	Q <sub>435</sub>	Q <sub>450</sub>	Q <sub>465</sub>	Q <sub>480</sub>	Q <sub>495</sub>	Q <sub>510</sub>	Q <sub>525</sub>	Q <sub>540</sub>	Q <sub>555</sub>	Q <sub>570</sub>	Q <sub>585</sub>	Q <sub>600</sub>	Q <sub>615</sub>	Q <sub>630</sub>	Q <sub>645</sub>	Q <sub>660</sub>	Q <sub>675</sub>	Q <sub>690</sub>	Q <sub>705</sub>	Q <sub>720</sub>	Q <sub>735</sub>	Q <sub>750</sub>	Q <sub>765</sub>	Q <sub>780</sub>	Q <sub>795</sub>	Q <sub>810</sub>	Q <sub>825</sub>	Q <sub>840</sub>	Q <sub>855</sub>	Q <sub>870</sub>	Q <sub>885</sub>	Q <sub>900</sub>	Q <sub>915</sub>	Q <sub>930</sub>	Q <sub>945</sub>	Q <sub>960</sub>	Q <sub>975</sub>	Q <sub>990</sub>	Q <sub>1005</sub>	Q <sub>1020</sub>	Q <sub>1035</sub>	Q <sub>1050</sub>	Q <sub>1065</sub>	Q <sub>1080</sub>	Q <sub>1095</sub>	Q <sub>1110</sub>	Q <sub>1125</sub>	Q <sub>1140</sub>	Q <sub>1155</sub>	Q <sub>1170</sub>	Q <sub>1185</sub>	Q <sub>1200</sub>	Q <sub>1215</sub>	Q <sub>1230</sub>	Q <sub>1245</sub>	Q <sub>1260</sub>	Q <sub>1275</sub>	Q <sub>1290</sub>	Q <sub>1305</sub>	Q <sub>1320</sub>	Q <sub>1335</sub>	Q <sub>1350</sub>	Q <sub>1365</sub>	Q <sub>1380</sub>	Q <sub>1395</sub>	Q <sub>1410</sub>	Q <sub>1425</sub>	Q <sub>1440</sub>	Q <sub>1455</sub>	Q <sub>1470</sub>	Q <sub>1485</sub>	Q <sub>1500</sub>	Q <sub>1515</sub>	Q <sub>1530</sub>	Q <sub>1545</sub>	Q <sub>1560</sub>	Q <sub>1575</sub>	Q <sub>1590</sub>	Q <sub>1605</sub>	Q <sub>1620</sub>	Q <sub>1635</sub>	Q <sub>1650</sub>	Q <sub>1665</sub>	Q <sub>1680</sub>	Q <sub>1695</sub>	Q <sub>1710</sub>	Q <sub>1725</sub>	Q <sub>1740</sub>	Q <sub>1755</sub>	Q <sub>1770</sub>	Q <sub>1785</sub>	Q <sub>1800</sub>	Q <sub>1815</sub>	Q <sub>1830</sub>	Q <sub>1845</sub>	Q <sub>1860</sub>	Q <sub>1875</sub>	Q <sub>1890</sub>	Q <sub>1905</sub>	Q <sub>1920</sub>	Q <sub>1935</sub>	Q <sub>1950</sub>	Q <sub>1965</sub>	Q <sub>1980</sub>	Q <sub>1995</sub>	Q <sub>2010</sub>	Q <sub>2025</sub>	Q <sub>2040</sub>	Q <sub>2055</sub>	Q <sub>2070</sub>	Q <sub>2085</sub>	Q <sub>2100</sub>	Q <sub>2115</sub>	Q <sub>2130</sub>	Q <sub>2145</sub>	Q <sub>2160</sub>	Q <sub>2175</sub>	Q <sub>2190</sub>	Q <sub>2205</sub>	Q <sub>2220</sub>	Q <sub>2235</sub>	Q <sub>2250</sub>	Q <sub>2265</sub>	Q <sub>2280</sub>	Q <sub>2295</sub>	Q <sub>2310</sub>	Q <sub>2325</sub>	Q <sub>2340</sub>	Q <sub>2355</sub>	Q <sub>2370</sub>	Q <sub>2385</sub>	Q <sub>2400</sub>	Q <sub>2415</sub>	Q <sub>2430</sub>	Q <sub>2445</sub>	Q <sub>2460</sub>	Q <sub>2475</sub>	Q <sub>2490</sub>	Q <sub>2505</sub>	Q <sub>2520</sub>	Q <sub>2535</sub>	Q <sub>2550</sub>	Q <sub>2565</sub>	Q <sub>2580</sub>	Q <sub>2595</sub>	Q <sub>2610</sub>	Q <sub>2625</sub>	Q <sub>2640</sub>	Q <sub>2655</sub>	Q <sub>2670</sub>	Q <sub>2685</sub>	Q <sub>2700</sub>	Q <sub>2715</sub>	Q <sub>2730</sub>	Q <sub>2745</sub>	Q <sub>2760</sub>	Q <sub>2775</sub>	Q <sub>2790</sub>	Q <sub>2805</sub>	Q <sub>2820</sub>	Q <sub>2835</sub>	Q <sub>2850</sub>	Q <sub>2865</sub>	Q <sub>2880</sub>	Q <sub>2895</sub>	Q <sub>2910</sub>	Q <sub>2925</sub>	Q <sub>2940</sub>	Q <sub>2955</sub>	Q <sub>2970</sub>	Q <sub>2985</sub>	Q <sub>3000</sub>	Q <sub>3015</sub>	Q <sub>3030</sub>	Q <sub>3045</sub>	Q <sub>3060</sub>	Q <sub>3075</sub>	Q <sub>3090</sub>	Q <sub>3105</sub>	Q <sub>3120</sub>	Q <sub>3135</sub>	Q <sub>3150</sub>	Q <sub>3165</sub>	Q <sub>3180</sub>	Q <sub>3195</sub>	Q <sub>3210</sub>	Q <sub>3225</sub>	Q <sub>3240</sub>	Q <sub>3255</sub>	Q <sub>3270</sub>	Q <sub>3285</sub>	Q <sub>3300</sub>	Q <sub>3315</sub>	Q <sub>3330</sub>	Q <sub>3345</sub>	Q <sub>3360</sub>	Q <sub>3375</sub>	Q <sub>3390</sub>	Q <sub>3405</sub>	Q <sub>3420</sub>	Q <sub>3435</sub>	Q <sub>3450</sub>	Q <sub>3465</sub>	Q <sub>3480</sub>	Q <sub>3495</sub>	Q <sub>3510</sub>	Q <sub>3525</sub>	Q <sub>3540</sub>	Q <sub>3555</sub>	Q <sub>3570</sub>	Q <sub>3585</sub>	Q <sub>3600</sub>	Q <sub>3615</sub>	Q <sub>3630</sub>	Q <sub>3645</sub>	Q <sub>3660</sub>	Q <sub>3675</sub>	Q <sub>3690</sub>	Q <sub>3705</sub>	Q <sub>3720</sub>	Q <sub>3735</sub>	Q <sub>3750</sub>	Q <sub>3765</sub>	Q <sub>3780</sub>	Q <sub>3795</sub>	Q <sub>3810</sub>	Q <sub>3825</sub>	Q <sub>3840</sub>	Q <sub>3855</sub>	Q <sub>3870</sub>	Q <sub>3885</sub>	Q <sub>3900</sub>	Q <sub>3915</sub>	Q <sub>3930</sub>	Q <sub>3945</sub>	Q <sub>3960</sub>	Q <sub>3975</sub>	Q <sub>3990</sub>	Q <sub>4005</sub>	Q <sub>4020</sub>	Q <sub>4035</sub>	Q <sub>4050</sub>	Q <sub>4065</sub>	Q <sub>4080</sub>	Q <sub>4095</sub>	Q <sub>4110</sub>	Q <sub>4125</sub>	Q <sub>4140</sub>	Q <sub>4155</sub>	Q <sub>4170</sub>	Q <sub>4185</sub>	Q <sub>4200</sub>	Q <sub>4215</sub>	Q <sub>4230</sub>	Q <sub>4245</sub>	Q <sub>4260</sub>	Q <sub>4275</sub>	Q <sub>4290</sub>	Q <sub>4305</sub>	Q <sub>4320</sub>	Q <sub>4335</sub>	Q <sub>4350</sub>	Q <sub>4365</sub>	Q <sub>4380</sub>	Q <sub>4395</sub>	Q <sub>4410</sub>	Q <sub>4425</sub>	Q <sub>4440</sub>	Q <sub>4455</sub>	Q <sub>4470</sub>	Q <sub>4485</sub>	Q <sub>4500</sub>	Q <sub>4515</sub>	Q <sub>4530</sub>	Q <sub>4545</sub>	Q <sub>4560</sub>	Q <sub>4575</sub>	Q <sub>4590</sub>	Q <sub>4605</sub>	Q <sub>4620</sub>	Q <sub>4635</sub>	Q <sub>4650</sub>	Q <sub>4665</sub>	Q <sub>4680</sub>	Q <sub>4695</sub>	Q <sub>4710</sub>	Q <sub>4725</sub>	Q <sub>4740</sub>	Q <sub>4755</sub>	Q <sub>4770</sub>	Q <sub>4785</sub>	Q <sub>4800</sub>	Q <sub>4815</sub>	Q <sub>4830</sub>	Q <sub>4845</sub>	Q <sub>4860</sub>	Q <sub>4875</sub>	Q <sub>4890</sub>	Q <sub>4905</sub>	Q <sub>4920</sub>	Q <sub>4935</sub>	Q <sub>4950</sub>	Q <sub>4965</sub>	Q <sub>4980</sub>	Q <sub>4995</sub>	Q <sub>5010</sub>	Q <sub>5025</sub>	Q <sub>5040</sub>	Q <sub>5055</sub>	Q <sub>5070</sub>	Q <sub>5085</sub>	Q <sub>5100</sub>	Q <sub>5115</sub>	Q <sub>5130</sub>	Q <sub>5145</sub>	Q <sub>5160</sub>	Q <sub>5175</sub>	Q <sub>5190</sub>	Q <sub>5205</sub>	Q <sub>5220</sub>	Q <sub>5235</sub>	Q <sub>5250</sub>	Q <sub>5265</sub>	Q <sub>5280</sub>	Q <sub>5295</sub>	Q <sub>5310</sub>	Q <sub>5325</sub>	Q <sub>5340</sub>	Q <sub>5355</sub>	Q <sub>5370</sub>	Q <sub>5385</sub>	Q <sub>5400</sub>	Q <sub>5415</sub>	Q <sub>5430</sub>	Q <sub>5445</sub>	Q <sub>5460</sub>	Q <sub>5475</sub>	Q <sub>5490</sub>	Q <sub>5505</sub>	Q <sub>5520</sub>	Q <sub>5535</sub>	Q <sub>5550</sub>	Q <sub>5565</sub>	Q <sub>5580</sub>	Q <sub>5595</sub>	Q <sub>5610</sub>	Q <sub>5625</sub>	Q <sub>5640</sub>	Q <sub>5655</sub>	Q <sub>5670</sub>	Q <sub>5685</sub>	Q <sub>5700</sub>	Q <sub>5715</sub>	Q <sub>5730</sub>	Q <sub>5745</sub>	Q <sub>5760</sub>	Q <sub>5775</sub>	Q <sub>5790</sub>	Q <sub>5805</sub>	Q <sub>5820</sub>	Q <sub>5835</sub>	Q <sub>5850</sub>	Q <sub>5865</sub>	Q <sub>5880</sub>	Q <sub>5895</sub>	Q <sub>5910</sub>	Q <sub>5925</sub>	Q <sub>5940</sub>	Q <sub>5955</sub>	Q <sub>5970</sub>	Q <sub>5985</sub>	Q <sub>6000</sub>	Q <sub>6015</sub>	Q <sub>6030</sub>	Q <sub>6045</sub>	Q <sub>6060</sub>	Q <sub>6075</sub>	Q <sub>6090</sub>	Q <sub>6105</sub>	Q <sub>6120</sub>	Q <sub>6135</sub>	Q <sub>6150</sub>	Q <sub>6165</sub>	Q <sub>6180</sub>	Q <sub>6195</sub>	Q <sub>6210</sub>	Q <sub>6225</sub>	Q <sub>6240</sub>	Q <sub>6255</sub>	Q <sub>6270</sub>	Q <sub>6285</sub>	Q <sub>6300</sub>	Q <sub>6315</sub>	Q <sub>6330</sub>	Q <sub>6345</sub>	Q <sub>6360</sub>	Q <sub>6375</sub>	Q <sub>6390</sub>	Q <sub>6405</sub>	Q <sub>6420</sub>	Q <sub>6435</sub>	Q <sub>6450</sub>	Q <sub>6465</sub>	Q <sub>6480</sub>	Q <sub>6495</sub>	Q <sub>6510</sub>	Q <sub>6525</sub>	Q <sub>6540</sub>	Q <sub>6555</sub>	Q <sub>6570</sub>	Q <sub>6585</sub>	Q <sub>6600</sub>	Q <sub>6615</sub>	Q <sub>6630</sub>	Q <sub>6645</sub>	Q <sub>6660</sub>	Q <sub>6675</sub>	Q <sub>6690</sub>	Q <sub>6705</sub>	Q <sub>6720</sub>	Q <sub>6735</sub>	Q <sub>6750</sub>	Q <sub>6765</sub>	Q <sub>6780</sub>	Q <sub>6795</sub>	Q <sub>6810</sub>	Q <sub>6825</sub>	Q <sub>6840</sub>	Q <sub>6855</sub>	Q <sub>6870</sub>	Q <sub>6885</sub>	Q <sub>6900</sub>	Q <sub>6915</sub>	Q <sub>6930</sub>	Q <sub>6945</sub>	Q <sub>6960</sub>	Q <sub>6975</sub>	Q <sub>6990</sub>	Q <sub>7005</sub>	Q <sub>7020</sub>	Q <sub>7035</sub>	Q <sub>7050</sub>	Q <sub>7065</sub>	Q <sub>7080</sub>	Q <sub>7095</sub>	Q <sub>7110</sub>	Q <sub>7125</sub>	Q <sub>7140</sub>	Q <sub>7155</sub>	Q <sub>7170</sub>	Q <sub>7185</sub>	Q <sub>7200</sub>	Q <sub>7215</sub>	Q <sub>7230</sub>	Q <sub>7245</sub>	Q <sub>7260</sub>	Q <sub>7275</sub>	Q <sub>7290</sub>	Q <sub>7305</sub>	Q <sub>7320</sub>	Q <sub>7335</sub>	Q <sub>7350</sub>	Q <sub>7365</sub>	Q <sub>7380</sub>	Q <sub>7395</sub>	Q <sub>7410</sub>	Q <sub>7425</sub>	Q <sub>7440</sub>	Q <sub>7455</sub>	Q <sub>7470</sub>	Q <sub>7485</sub>	Q <sub>7500</sub>	Q <sub>7515</sub>	Q <sub>7530</sub>	Q <sub>7545</sub>	Q <sub>7560</sub>	Q <sub>7575</sub>	Q <sub>7590</sub>	Q <sub>7605</sub>	Q <sub>7620</sub>	Q <sub>7635</sub>	Q <sub>7650</sub>	Q <sub>7665</sub>	Q <sub>7680</sub>	Q <sub>7695</sub>	Q <sub>7710</sub>	Q <sub>7725</sub>	Q <sub>7740</sub>	Q <sub>7755</sub>	Q <sub>7770</sub>	Q <sub>7785</sub>	Q <sub>7800</sub>	Q <sub>7815</sub>	Q <sub>7830</sub>	Q <sub>7845</sub>	Q <sub>7860</sub>	Q <sub>7875</sub>	Q <sub>7890</sub>	Q <sub>7905</sub>	Q <sub>7920</sub>	Q <sub>7935</sub>	Q <sub>7950</sub>	Q <sub>7965</sub>	Q <sub>7980</sub>	Q <sub>7995</sub>	Q <sub>8010</sub>	Q <sub>8025</sub>	Q <sub>8040</sub>	Q <sub>8055</sub>	Q <sub>8070</sub>	Q <sub>8085</sub>	Q <sub>8100</sub>	Q <sub>8115</sub>	Q <sub>8130</sub>	Q <sub>8145</sub>	Q <sub>8160</sub>	Q <sub>8175</sub>	Q <sub>8190</sub>	Q <sub>8205</sub>	Q <sub>8220</sub>	Q <sub>8235</sub>	Q <sub>8250</sub>	Q <sub>8265</sub>	Q <sub>8280</sub>	Q <sub>8295</sub>	Q <sub>8310</sub>	Q <sub>8325</sub>	Q <sub>8340</sub>	Q <sub>8355</sub>	Q <sub>8370</sub>	Q <sub>8385</sub>	Q <sub>8400</sub>	Q <sub>8415</sub>	Q <sub>8430</sub>	Q <sub>8445</sub>	Q <sub>8460</sub>	Q <sub>8475</sub>	Q <sub>8490</sub>	Q <sub>8505</sub>	Q <sub>8520</sub>	Q <sub>8535</sub>	Q <sub>8550</sub>	Q <sub>8565</sub>	Q <sub>8580</sub>	Q <sub>8595</sub>	Q <sub>8610</sub>	Q <sub>8625</sub>	Q <sub>8640</sub>	Q <sub>8655</sub>	Q <sub>8670</sub>	Q <sub>8685</sub>	Q <sub>8700</sub>	Q <sub>8715</sub>	Q <sub>8730</sub>	Q <sub>8745</sub>	Q <sub>8760</sub>	Q <sub>8775</sub>	Q <sub>8790</sub>	Q <sub>8805</sub>	Q <sub>8820</sub>	Q <sub>8835</sub>	Q <sub>8850</sub>	Q <sub>8865</sub>	Q <sub>8880</sub>	Q <sub>8895</sub>	Q <sub>8910</sub>	Q <sub>8925</sub>	Q <sub>8940</sub>	Q <sub>8955</sub>	Q <sub>8970</sub>	Q <sub>8985</sub>	Q <sub>9000</sub>	Q <sub>9015</sub>	Q <sub>9030</sub>	Q <sub>9045</sub>	Q <sub>9060</sub>	Q <sub>9075</sub>	Q <sub>9090</sub>	Q <sub>9105</sub>	Q <sub>9120</sub>	Q <sub>9135</sub>	Q <sub>9150</sub>	Q <sub>9165</sub>	Q <sub>9180</sub>	Q <sub>9195</sub>	Q <sub>9210</sub>	Q <sub>9225</sub>	Q <sub>9240</sub>	Q <sub>9255</sub>	Q <sub>9270</sub>	Q <sub>9285</sub>	Q <sub>9300</sub>	Q <sub>9315</sub>	Q <sub>9330</sub>	Q <sub>9345</sub>	Q <sub>9360</sub>	Q <sub>9375</sub>	Q <sub>9390</sub>	Q <sub>9405</sub>	Q <sub>9420</sub>	Q <sub>9435</sub>	Q <sub>9450</sub>	Q <sub>9465</sub>	Q <sub>9480</sub>	Q <sub>9495</sub>	Q <sub>9510</sub>	Q <sub>9525</sub>	Q <sub>9540</sub>	Q <sub>9555</sub>	Q <sub>9570</sub>	Q <sub>9585</sub>	Q <sub>9600</sub>	Q <sub>9615</sub>	Q <sub>9630</sub>	Q <sub>9645</sub>	Q <sub>9660</sub>	Q <sub>9675</sub>	Q <sub>9690</sub>	Q <sub>9705</sub>	Q <sub>9720</sub>	Q <sub>9735</sub>	Q <sub>9750</sub>	Q <sub>9765</sub>	Q <sub>9780</sub>	Q <sub>9795</sub>	Q <sub>9810</sub>	Q <sub>9825</sub>	Q <sub>9840</sub>	Q <sub>9855</sub>	Q <sub>9870</sub>	Q <sub>9885</sub>	Q <sub>9900</sub>	Q <sub>9915</sub>	Q <sub>9930</sub>	Q <sub>9945</sub>	Q <sub>9960</sub>	Q <sub>9975</sub>	Q <sub>9990</sub>	Q <sub>10005</sub>	Q <sub>10020</sub>	Q <sub>10035</sub>	Q <sub>10050</sub>	Q <sub>10065</sub>	Q <sub>10080</sub>	Q <sub>10095</sub>	Q <sub>10110</sub>	Q <sub>10125</sub>	Q <sub>10140</sub>	Q <sub>10155</sub>	Q <sub>10170</sub>	Q <sub>10185</sub>	Q <sub>10200</sub>	Q <sub>10215</sub>	Q <sub>10230</sub>	Q <sub>10245</sub>	Q <sub>10260</sub>	Q <sub>10275</sub>	Q <sub>10290</sub>	Q <sub>10305</sub>	Q <sub>10320</sub>	Q <sub>10335</sub>	Q <sub>10350</sub>	Q <sub>10365</sub>	Q <sub>10380</sub>	Q <sub>10395</sub>	Q <sub>10410</sub>	Q <sub>10425</sub>	Q <sub>10440</sub>	Q <sub>10455</sub>	Q <sub>10470</sub>	Q <sub>10485</sub>	Q <sub>10500</sub>	Q <sub>10515</sub>	Q <sub>10530</sub>	Q <sub>10545</sub>	Q <sub>10560</sub>	Q <sub>10575</sub>	Q <sub>10590</sub>	Q <sub>10605</sub>	Q <sub>10620</sub>	Q <sub>10635</sub>	Q <sub>10650</sub>	Q <sub>10665</sub>	Q <sub>10680</sub>	Q <sub>10695</sub>	Q <sub>10710</sub>	Q <sub>10725</sub>	Q <sub>10740</sub>	Q <sub>10755</sub>	Q <sub>10770</sub>	Q <sub>10785</sub>	Q <sub>10800</sub>	Q <sub>10815</sub>	Q <sub>10830</sub>	Q <sub>10845</sub>	Q <sub>10860</sub>	Q <sub>10875</sub>	Q <sub>10890</sub>	Q <sub>10905</sub>	Q <sub>10920</sub>	Q <sub>10935</sub>	Q <sub>10950</sub>	Q <sub>10965</sub>	Q <sub>10980</sub>	Q <sub>10995</sub>	Q <sub>11010</sub>

hujan dan debit hulu. Berikut ini adalah bentuk dasar dari model formulasi untuk peramalan banjir.

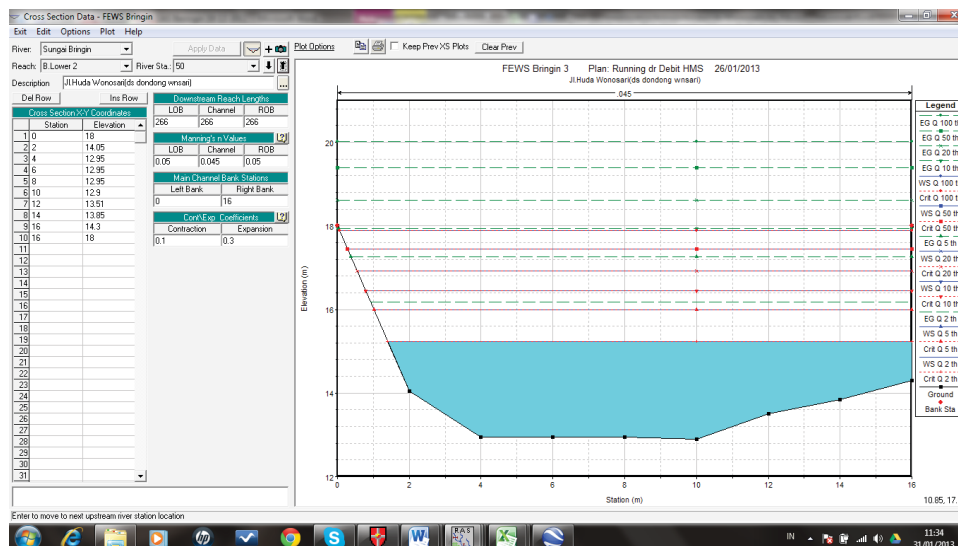
$$QJ_1 = \left( \begin{array}{l} b_0 + b_1 \cdot QJ_2 + b_2 \cdot QJ_3 + b_3 \cdot QSD_1 + b_4 \cdot QSD_2 + b_5 \cdot QSD_{3a} + b_6 \cdot QSD_{3b} + b_7 \cdot QSD_{3c} + \\ b_8 \cdot QSD_{3d} + b_9 \cdot QSD_{4a} + b_{10} \cdot QSD_{4b} + b_{11} \cdot R_{11} + \dots + b_{34} \cdot R_{4b3} \end{array} \right) \dots (1)$$

$$QJ_3 = (b_0 + b_1 \cdot Q_{4b} + b_2 \cdot Q_{4a} + b_3 \cdot Q_{3d} + b_4 \cdot QB_{3b} + b_5 \cdot QB_{3a} + b_6 \cdot X_{3a1} + \dots + b_{23} \cdot X_{4b3}) \dots (2)$$

### Analisa Tinggi Muka Air Banjir Menggunakan HEC-RAS



Gambar 4 Membuat Reach HEC-RAS Sungai Beringin



Gambar 5 Hasil Running HEC RAS dengan beberapa kala ulang





### Peramalan Banjir

Dalam analisa penentuan persamaan/ fungsi peramalan ini digunakan paket program SPSS yaitu untuk melakukan analisa multiple regresi dengan prosedur backward.

Fungsi peramalan di Jembatan Wonosari hasilnya adalah :

$$QJ1 = -27,793 + 1,820.X3b1 + 2,371.X3b2 + (-2,985).QJ8 + 6,954.QJ9$$

Pada potongan melintang di Jembatan Wonosari (QJ1) menggunakan HEC-RAS menghasilkan Rating Curve dengan persamaan

$$H_{\text{wonosari}} = 0,0092.QJ1 + 5,9145 \dots\dots\dots (3)$$

$$QJ1 = (H_{\text{wonosari}} - 5,9145) / 0,0092 \dots\dots\dots (4)$$

Pada potongan melintang di Jembatan Tikung (QJ8) menggunakan HEC-RAS menghasilkan Rating Curve dengan persamaan

$$H_{\text{tikung}} = 0,0277.QJ8 + 130,88 \dots\dots\dots (5)$$

$$QJ8 = (H_{\text{tikung}} - 130,88) / 0,0277 \dots\dots\dots (6)$$

Pada potongan melintang di Jembatan Cengkeh (QJ9) menggunakan HEC-RAS menghasilkan Rating Curve dengan persamaan

$$H_{\text{cengkeh}} = 0,0245.QJ9 + 163,75 \dots\dots\dots (7)$$

$$QJ9 = (H_{\text{cengkeh}} - 163,75) / 0,0245 \dots\dots\dots (8)$$

Substitusi persamaan 5.6, 5.7, 5.9 dan 5.11:

$$QJ1 = -27,793 + 1,820.X3b1 + 2,371.X3b2 + (-2,985).QJ8 + 6,954.QJ9$$

$$(H_{\text{wonosari}} - 5,9145) / 0,0092 = -27,793 + 1,820.X3b1 + 2,371.X3b2 - 2,985.(H_{\text{tikung}} - 130,88) / 0,0277 + 6,954.(H_{\text{cengkeh}} - 163,75) / 0,0245 \dots\dots (9)$$

$$(H_{\text{wonosari}} - 5,9145) = 0,0167.X3b1 + 0,0218.X3b2 - 0,99.H_{\text{tikung}} + 2,611.H_{\text{cengkeh}} - 298,09$$

$$H_{\text{wonosari}} = 0,0167.X3b1 + 0,0218.X3b2 - 0,99.H_{\text{tikung}} + 2,611.H_{\text{cengkeh}} - 292,18$$

Mempertimbangkan ketersediaan data yang sangat minimal maka dilakukan running melalui SPSS 20 menggunakan 2(dua) variabel untuk mengantisipasi kekurangan data di lapangan. Dua variabel diambil dari hulu Qjunction 8, Qjunction 9 dan di hilir Qjunction 1.



Tabel 3 Coefficients H tikung

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-72.505	3.381		-21.447	.000
	Htikung	.604	.025	.973	24.041	.000

a. Dependent Variable: Hwonosari

Tabel 4 Coefficients H wonosari

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-332.531	18.211		-18.260	.000
	Hcengkeh	2.068	.110	.956	18.742	.000

a. Dependent Variable: Hwonosari

Hasil analisa SPSS didapatkan fungsi peramalan untuk H wonosari adalah

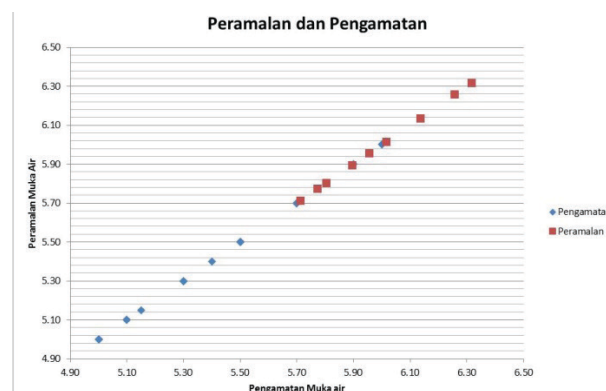
$$H_{\text{wonosari}} = 0,604. H_{\text{tikung}} - 72,505$$

$$H_{\text{wonosari}} = 2,068. H_{\text{cengkeh}} - 332,53$$

### Kalibrasi fungsi peramalan terhadap ketinggian muka air di lapangan

Tabel 5 Kalibrasi pengamatan dan peramalan ketinggian muka air di Jembatan Wonosari menggunakan fungsi peramalan pada Jembatan Tikung

No.	Tanggal	Jam	Elevasi TMA Pengamatan Jembatan Wonosari (H wonosari)	Elevasi Pengamatan Jembatan Tikung (H tikung)	Elevasi Peramalan Jembatan Wonosari (H wonosari)	Ratio Perbedaan (%)
1	01/12/2012	8:00	5.00	129.50	5.71	14.26%
2	01/12/2012	17:00	5.00	129.50	5.71	14.26%
3	02/12/2012	8:00	5.00	129.50	5.71	14.26%
4	02/12/2012	17:00	5.10	129.60	5.77	13.20%
5	03/12/2012	8:00	5.00	129.50	5.71	14.26%
6	03/12/2012	15:00	5.70	130.20	6.14	7.65%
7	03/12/2012	15:10	6.00	130.50	6.32	5.28%
8	03/12/2012	15:20	5.90	130.40	6.26	6.04%
9	03/12/2012	15:30	5.50	130.00	6.02	9.36%
10	03/12/2012	15:40	5.40	129.90	5.95	10.27%
11	03/12/2012	17:00	5.30	129.80	5.89	11.21%
12	04/12/2012	8:00	5.10	129.60	5.77	13.20%
13	04/12/2012	16:00	5.50	130.00	6.02	9.36%
14	04/12/2012	16:10	5.50	130.00	6.02	9.36%
15	04/12/2012	16:20	5.30	129.80	5.89	11.21%
16	05/12/2012	8:00	5.15	129.65	5.80	12.69%
17	05/12/2012	15:40	5.50	130.00	6.02	9.36%
18	05/12/2012	15:50	5.70	130.20	6.14	7.65%
19	05/12/2012	16:00	6.00	130.50	6.32	5.28%
20	05/12/2012	16:10	5.70	130.20	6.14	7.65%
21	05/12/2012	16:20	5.50	130.00	6.02	9.36%
22	05/12/2012	17:00	5.30	129.80	5.89	11.21%
23	06/12/2012	8:00	5.10	129.60	5.77	13.20%



Gambar 8 Grafik pengamatan dan peramalan tinggi muka air banjir di Jembatan Wonosari



## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian sebagaimana yang telah diuraikan diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. DAS (Daerah Aliran Sungai) Beringin merupakan DAS yang mempunyai luas 30,10 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai 15,5 km. DAS Beringin mempunyai karakteristik dengan sungai yang lebar pada daerah hulu kemudian pada daerah hilir kapasitas sungai semakin kecil. Debit Banjir 2 tahunan (Q<sub>2th</sub>) sebesar 116,70 m<sup>3</sup>/sekon.
2. Pada DAS Beringin terjadi peningkatan kebutuhan lahan oleh penduduk. Peningkatan kebutuhan lahan tersebut menyebabkan perubahan tata gunalahan pada DAS Beringin. Berdasarkan Peta RTRW Kota Semarang tahun 2011-2031, daerah hulu DAS Beringin diperuntukkan sebagai pemukiman penduduk. Perubahan tersebut mengakibatkan berkurangnya daerah resapan sehingga menyebabkan banjir.
3. Berdasarkan penelitian telah didapatkan fungsi peramalan banjir di hilir Sungai Beringin:

$$H_{\text{wonosari}} = 0,604 \cdot H_{\text{tikung}} - 72,505$$

Dengan waktu perjalanan (*travel time*) dari Jembatan Tikung yang letaknya di Kelurahan Wates (daerah hulu) menuju Jembatan Wonosari yang letaknya di Kelurahan Wonosari (daerah hilir) sebesar 120 menit.

$$H_{\text{wonosari}} = 2,068 \cdot H_{\text{cengkeh}} - 332,53$$

Dengan waktu perjalanan (*travel time*) dari Jembatan Cengkeh yang letaknya di Kelurahan Kedungpane (daerah hulu) menuju Jembatan Wonosari yang letaknya di Kelurahan Wonosari (daerah hilir) sebesar 120 menit.

Dengan adanya waktu tempuh 120 menit maka penduduk disekitar Kelurahan Wonosari dapat melakukan evakuasi agar kerugian akibat terjadinya banjir dapat diminimalkan dan jatuhnya korban jiwa dapat dihindari.

4. Hasil Kalibrasi antara pengamatan dan peramalan, dapat disimpulkan bahwa ratio perbedaan yang dihasilkan dari peramalan terhadap pengamatan cukup kecil yaitu <15%. Hal ini mengindikasikan bahwa fungsi peramalan yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik. Namun demikian, perlu disadari bahwa data yang digunakan untuk pengkalibrasian masih sangat minim dan belum sepenuhnya mewakili regime debit banjir yang mungkin terjadi.

## SARAN

1. Untuk dapat melakukan peramalan banjir pada di beberapa ruas Sungai Beringin diperlukan ketersediaan data (kuantitas dan kualitas) yang memadai. Kuantitas dan kualitas data yang tidak tepat dapat mempengaruhi hasil peramalan.





2. Dengan keterbatasan data yang sudah diperoleh, maka langkah-langkah kalibrasi pada beberapa kondisi banjir di Sungai Beringin terutama pada debit-debit besar masih sangat diperlukan.
3. Berdasarkan hasil wawancara terhadap penduduk di sekitar DAS Beringin, Pemerintah Kota Semarang telah melaksanakan beberapa upaya dalam mengatasi banjir Sungai Beringin. Upaya tersebut dengan pembuatan tanggul di hilir Sungai Beringin, larangan membuang sampah kesungai, dan sebagainya. Namun upaya-upaya tersebut belum mampu mengatasi banjir Sungai Beringin. Oleh karena itu perlu adanya peramalan banjir sehingga dapat menghasilkan peringatan dini banjir kepada masyarakat sekitar Sungai Beringin.

## REFERENSI

- Affandy, Nur Azizah, dan Anwar, Nadjadji, 2007, *Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS di DAS Sampean Baru*, FTSP- ITS, Surabaya.
- Atmodjo, Pranoto Santo, 2005, *Pemodelan Sistem Informasi Geografis Dalam Analisis Spasial Distribusi Debit di Sungai Beringin*, Penelitian Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Semarang, 2011, *Kajian Hidrologi Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan Pertanian dan Lahan Hijau menjadi Pemukiman di Kota Semarang*.
- BR, Sri Harto, 2000, *Hidrologi, Teori-Masalah-Penyelesaian*, Nafiri, Yogyakarta
- BR, Sri Harto, 2001, *Analisis Kepekaan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dalam Penentuan Debit Banjir Rancangan*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Chow, Ven Te, 1955, *Open-Channel Hydraulics*, Erlangga, Jakarta
- Detikcom, 2010, *Banjir Bandang di Semarang*, (<http://foto.detik.com/banjir-bandang-di-semarang>, diakses tanggal 29 Juni 2012)
- Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya, 2009, *Studi Master Plan DED Drainase Semarang Barat*.
- Hydrologic Engineering Center, 2010, *HEC-RAS River Analysis System, Applications Guide, Version 4.1, January 2010*, U. S. Army Corps of Engineers, Davis, CA.
- Hydrologic Engineering Center, 2010, *HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 4.1, January 2010*, U. S. Army Corps of Engineers, Davis, CA.
- Hydrologic Engineering Center, 2010, *HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Version 4.1, January 2010*, U. S. Army Corps of Engineers, Davis, CA.





- Irianto, Gatot, 2003. *Sistem Peringatan Dini Tentang Banjir*, Surat Kabar Harian Kompas
- Istiarto, 2011, *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1 Dimensi Sengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS*, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J. dan Sjarief, Rostam, 2009, *Tata Ruang Air*, Penerbit: Andi Offset, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J. dan Sugiyanto, 2002, *BANJIR – Beberapa penyebab dan metode pengendaliannya dalam perspektif Lingkungan*, Cetakan 1 Tahun 2002, Penerbit Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J., dan Sjarief, Roestam, 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J., dan Sjarief, Roestam, 2008, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Edisi Revisi, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Manik, Ngarap Im, 2011, *Perencanaan Program Aplikasi Peramalan Banjir Kanal Barat Jakarta Menggunakan Autoregresi Multivariant*.
- PB, Triton, 2005, *SPSS 13.0 Terapan : Riset Statistik Parametrik*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- SNI, Pd T-23-2004-A, 2004, *Prakiraan dan Peringatan Dini Banjir*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Soemarto, C. D., 1987, *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. (1987). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Suara Merdeka, 2012, Semarang Metro, *180 Rumah Terendam*, (<http://suaramerdeka.com/v1/index.php/read/cetak/2012/02/01/175599/180-Rumah-Terendam>, diakses tanggal 29 Juni 2012)
- Suharyanto, 2004, *Makalah Peramalan Banjir Kali Tuntang*. Seminar Nasional HAS 2004.
- Sujono, Joko, 2009, *Petunjuk Singkat Aplikasi HEC-HMS*, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Supadi, 2006, *Model Regresi Rating Curve Stasiun AWRL Jurug Antara Tinggi Muka Air dan Debit pada Sungai Bengawan Solo*, Media Komunikasi Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Triatmodjo, Bambang, 2008, *Hidrologi Terapan*, Cetakan Pertama Tahun 2008, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- TVKU Semarang, 2010, *Tanggul Sungai Beringin Jebol, Puluhan Rumah Terendam Banjir*, (<http://tvku.tv/v2010b/index.php?page=stream&id=1358>, diakses tanggal 29 Juni 2012)

