

## ANALISIS KONDISI EKSISTING PENAMPANG SUNGAI CISANGKUY HILIR MENGGUNAKAN HEC-RAS 4.1.0

### *EXISTING CONDITION ANALYSIS OF DOWNSTREAM CISANGKUY RIVER SECTION USING HEC-RAS 4.1.0*

\*<sup>1</sup>M. Fajar F. G. dan <sup>2</sup>Arief Sudradjat

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Jl Ganesha 10  
Bandung 40132

e-mail : <sup>1</sup>mfajarfg@yahoo.com dan <sup>2</sup>arief.sudradjat@yahoo.com

**Abstrak:** Banjir yang terjadi akibat meluapnya Sungai Cisangkuy Hilir mengakibatkan kerugian yang besar mencakup kerugian fisik maupun non fisik. Meluapnya Sungai Cisangkuy Hilir tersebut disebabkan karena sungai tidak mampu lagi menampung debit banjir yang terjadi. Makalah ini membahas mengenai analisis kondisi penampang eksisting Sungai Cisangkuy Hilir terhadap debit banjir rencana (periode ulang 20 tahun) menggunakan software HEC-RAS. Penelitian kali ini menggunakan HEC-RAS dari mulai pembuatan model tiruan Sungai Cisangkuy Hilir sampai simulasi aliran model tersebut. Berdasarkan hasil simulasi, (steady flow analysis) menggunakan debit banjir rencana periode ulang 20 tahun (229, 27 m<sup>3</sup>/s) bahwa semua penampang mengalami banjir dan tidak memenuhi persyaratan tinggi jagaan (0.75 meter). Tinggi banjir tertinggi terdapat pada stasiun 17,4 yaitu mencapai 3,06 meter sedangkan tinggi banjir terendah terdapat pada stasiun 0 yaitu sebesar 0,03 meter. Banjir tersebut disebabkan karena tinggi sedimen yang mencapai tiga meter di sepanjang sungai yang membuat kapasitas penampang menjadi kecil. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa Sungai Cisangkuy Hilir memerlukan upaya penanganan banjir khususnya dengan normalisasi penampang sungai.

**Kata kunci:** penampang, model, sedimen, simulasi, steady

**Abstract:** Floods caused by overflowing of the river downstream Cisangkuy cause large losses include loss of physical and non-physical. Cisangkuy River Downstream overflowing caused by the river no longer able to accommodate the flood discharge. This paper discusses the analysis of the existing conditions section Cisangkuy river downstream with discharge plan (20 year return period) using HEC-RAS software. This research using HEC-RAS ranging from artificial modeling Cisangkuy River downstream until flow simulation model. Based on simulation results, (steady flow analysis) using the flood discharge plan period of 20 years (229, 27 m<sup>3</sup>/s) that all the section was flooded and did not comply the freeboard (0.75 meters). The highest floods are on station 17.4, reaching 3.06 meters while the lowest was at station flood 0 is equal to 0.03 meters. The flood was caused by high sediment that reaches three meters along the river which makes a small cross-section capacity. So it can be concluded that the river downstream Cisangkuy require flood mitigation efforts in particular by normalizing the river section.

**Keywords:** cross section, models, sediment, simulation, steady

## PENDAHULUAN

Banjir merupakan bencana alam yang bisa terjadi kapan saja dan di mana saja yang disebabkan tingginya intensitas hujan yang terjadi (IPCC, 2007). Perubahan tata guna lahan yang sering terjadi akhir-akhir ini memicu terjadinya sedimentasi/pendangkalan pada luas penampang sungai sehingga memperbesar resiko terjadinya bencana banjir.

Sungai Cisangkuy adalah sebuah sungai yang menjadi bagian DAS Citarum Hulu yang kerap mengalami banjir di setiap tahunnya. Banjir yang terjadi akibat

meluapnya Sungai Cisangkuy mengakibatkan kerugian yang besar pada daerah yang terkena dampak banjir tersebut. Kerugian mencakup kerugian fisik maupun non fisik. Kerugian fisik meliputi kerusakan infrastruktur seperti rusaknya jalan, prasarana pendidikan seperti bangunan sekolah, pemukiman penduduk serta lahan-lahan pertanian. Kerugian non fisik berupa munculnya korban jiwa dan terganggunya aktivitas kehidupan manusia seperti terputusnya jalur lalu lintas, terganggunya kegiatan perdagangan, pertanian, industri dan lain-lain.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka dibutuhkan suatu analisis mengenai kondisi Sungai Cisangkuy Hilir khususnya mengenai kapasitas penampang sungai dalam menampung debit banjir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil muka air banjir penampang eksisting Sungai Cisangkuy Hilir untuk kala ulang 20 tahun sebagai dasar untuk upaya penanganan banjir di daerah tersebut. Lokasi studi meliputi alur Sungai Cisangkuy Hilir dari Desa Sukasari, Kecamatan Pameungpeuk, Kabupaten Bandung (Batas Hulu) sampai Desa Andir, Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung (Batas Hilir) yang disebut dengan Ruas Package II. Lokasi studi dapat kita lihat pada **Gambar 1**.



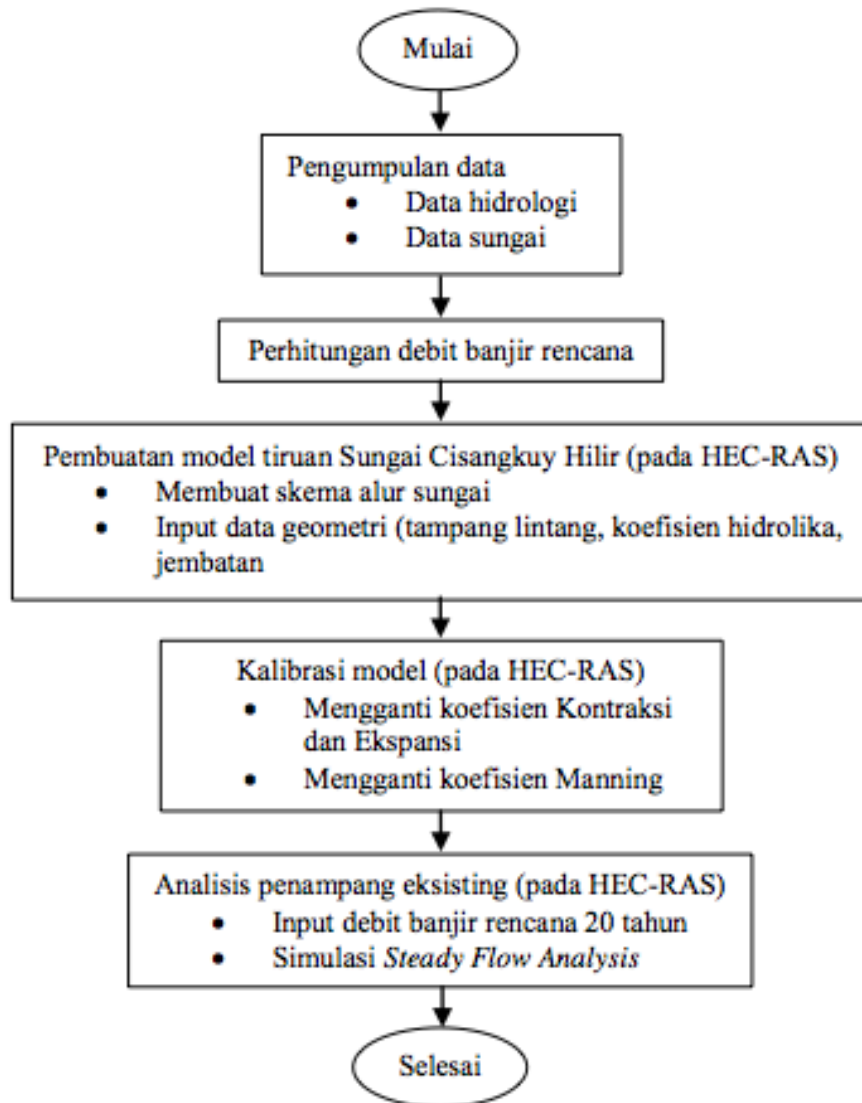
**Gambar 1.** Lokasi Sungai Cisangkuy Hilir (Sarminingsih, 2007)

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini memerlukan metode untuk mendapatkan hasil yang baik dan optimal. Adapun metode penelitian bisa kita lihat pada **Gambar 2**. Dalam penelitian kali ini digunakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Balai Besar Wilayah Sungai Citarum (BBWS Citarum) pada dokumen proyek *Upper Citarum Basin Urgent Flood Control Project (II) tahun 2003*.

Untuk analisis hidrologi, digunakan Metode Serial Data dalam menentukan nilai debit banjir rencana karena data debit yang tersedia hanya sepuluh tahun (2001-2010).

Dalam Metode Serial Data, dihitung nilai debit puncak banjir tahunan rata-rata yang selanjutnya dikalikan dengan faktor pembesar (C) sesuai dengan periode ulang tahun yang dikehendaki.



**Gambar 2.** Bagan Metode Penelitian

Salah satu topik utama dari *river engineering* adalah dengan menginvestigasi morfologi sungai antara lain geometri sungai, penampang melintang dan memanjang, dan perubahan bentuk sungai (Graf, 1984). Oleh karena itu dibutuhkan suatu model hidrologi dalam bentuk model tiruan Sungai Cisangkuy Hilir. Untuk membuat model tiruan Sungai Cisangkuy Hilir, penulis menggunakan suatu *software* yang bernama HEC-RAS 4.1.0. Pembuatan model tiruan tersebut dilakukan dengan menggambar skema alur sungai lalu memasukkan data geometri pada skema alur sungai yang telah dibuat, seperti data *cross section*, data jembatan, dan data koefisien hidrolik. Sebelum digunakan untuk analisis hidrolika, model yang telah dibuat dikalibrasi lebih

dulu dengan mengubah nilai koefisien hidrolika seperti koefisien kontraksi dan ekspansi dan koefisien Manning (n) dengan nilai koefisien yang menyerupai kondisi di lapangan.

Dalam analisis penampang eksisting, digunakan debit banjir rencana periode ulang 20 tahun ( $Q_{20thn}$ ) dan simulasi yang akan dilakukan adalah *Steady Flow Analysis* karena aliran sungai dianggap tetap per satuan waktu dan tidak ada pengaruh pasang surut air di bagian hilir sungai. Adapun pengaruh *back water* dari Sungai Citarum diasumsikan tidak ada.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1) Perhitungan Debit Banjir Rencana

Data yang tersedia dan digunakan dalam penentuan debit banjir rencana adalah data-data debit puncak tahunan yang tercatat dari pos pengamatan debit di Kp.Kamasan, Kec.Banjaran, Kab.Bandung, Prov. Jawa Barat (oleh Unit Hidrologi, Balai Besar Wilayah Citarum), dari tahun 2001 s/d 2010.

Dalam penelitian kali ini, penulis menggunakan Metode Serial Data dalam menentukan nilai debit banjir rencana karena data debit yang tersedia hanya sepuluh tahun (2001-2010). Debit banjir rencana akan dihitung adalah untuk periode ulang 5,10,20,50 dan 100 tahun.

Dalam memperoleh debit banjir rencana periode ulang pada T tahun maka perhitungan dapat dikelompokkan menjadi dua bagian. Pertama, perhitungan debit puncak banjir tahunan rata-rata (*Mean Annual Flood*) dan kedua, penggunaan faktor pembesar (C) terhadap nilai MAF. Adapun hasil dari perhitungan debit banjir rencana dapat kita lihat pada **Tabel 1** sebagai berikut :

**Tabel 1.** Debit Banjir Rencana Sungai Cisangkuy Hilir

Luas	Periode	C	Debit
304	5	1.2696	158.30
	10	1.5392	191.91
	20	1.8388	229.27
	50	2.2984	286.57
	100	2.7180	338.89

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada penelitian ini, debit banjir rencana yang akan digunakan adalah debit banjir rencana periode ulang 20 tahun karena mengikuti rencana pengembangan penanggulangan banjir oleh BWWS Citarum.

### 2) Pembuatan Model Tiruan Sungai Cisangkuy Hilir (pada HEC-RAS)

Dalam pembuatan model tersebut digunakan data yang diperoleh dari Dinas Balai Besar Wilayah Sungai Citarum (BBWSC) pada dokumen proyek *Upper Citarum Basin Urgent Flood Control Project (II) 2003*.

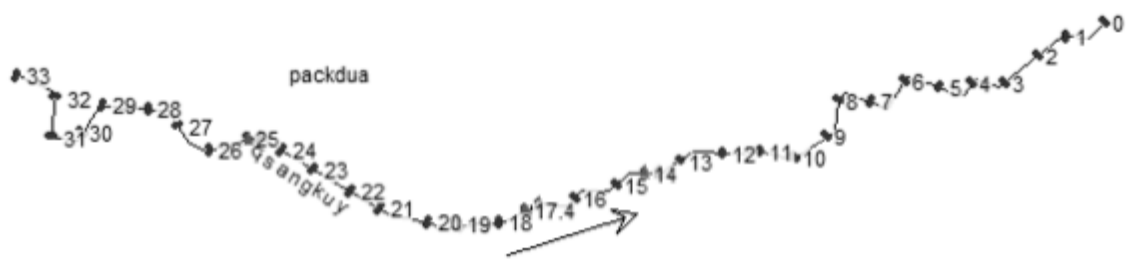
Parameter geometri saluran yang dibutuhkan oleh HEC-RAS adalah alur, tampang panjang dan lintang, kekasaran dasar (koefisien Manning), serta kehilangan energi di tempat perubahan tampang saluran (koefisien ekspansi dan kontraksi). HEC-RAS juga membutuhkan geometri struktur hidraulik yang ada di sepanjang saluran, misalnya jembatan, pintu air, bendung, peluap, dan sejenisnya. Pada penelitian ini, hanya satu jenis geometri struktur hidraulik yang dimasukkan yaitu jembatan.

Data penampang yang dimasukkan ke dalam HEC-RAS telah disesuaikan dengan tinggi sedimen yang ada, yaitu tinggi sedimen pada Sungai Cisangkuy Hilir sampai tahun 2011 mencapai kurang lebih tiga meter (BBWS Citarum, 2012). Terdapat 37 stasiun tampang lintang yang dimasukkan ke dalam HEC-RAS dari mulai stasiun 0 di titik hilir sampai stasiun 33 di titik hulu. Selain itu dimasukkan pula data tiga jembatan yang terdapat di Sungai Cisangkuy Hilir. Tiga jembatan tersebut yaitu Jembatan Sindang Reret, Jembatan Malakasari, dan Jembatan Rencong.

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk membuat model tiruan pada HEC-RAS. Berikut merupakan langkah-langkah utama di dalam menciptakan suatu model tiruan dengan HEC-RAS :

- Memulai suatu proyek baru dengan memberi nama proyek dan tempat menyimpannya.
- Membuat data geometri baru dan menggambar skema alur sungai.
- Memasukan data geometri (data penampang, data koefisien hidrolis, dan data jembatan).
- Menyimpan data geometri yang telah dibuat.

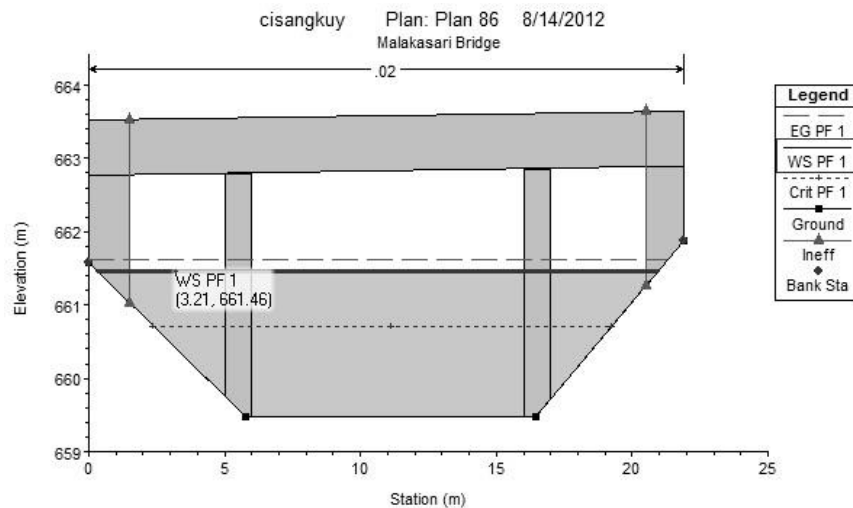
Adapun hasil pembuatan model dapat kita lihat pada **Gambar 3** sebagai berikut :



**Gambar 3.** Skema Alur Sungai Cisangkuy Hilir pada HEC-RAS

### 3) Kalibrasi dan Verifikasi Model Tiruan (pada HEC-RAS)

Sebelum digunakan untuk analisis hidrolis, model yang telah dibuat dikalibrasi lebih dulu dengan mengubah nilai koefisien hidrolis *default* dengan nilai koefisien yang menyerupai kondisi di lapangan. Parameter kalibrasi yang hanya dibutuhkan pada model hidrolis adalah koefisien kekasaran, khususnya koefisien Manning ( $n$ ) (Hicks & Peacock, 2005). Koefisien kontraksi dan ekspansi diganti menjadi 0,1 (untuk koefisien kontraksi) dan 0,3 (untuk koefisien ekspansi) karena nilai tersebut sesuai dengan jenis aliran pada bagian hilir sungai yaitu aliran subkritis. Selanjutnya mengganti nilai koefisien Manning ( $n$ ) dengan cara coba-coba (*trial and error*) sampai diperoleh elevasi muka air yang mendekati elevasi muka air pengamatan. Elevasi muka air pengamatan yang digunakan merupakan elevasi muka air maksimum yang pernah tercatat di stasiun 17,22 (661,43 m) yang terletak di Jembatan Malakasari. Sedangkan debit yang digunakan pada kalibrasi ini adalah debit *bankfull capacity* sebesar 46 m<sup>3</sup>/det. Kalibrasi dianggap berhasil apabila elevasi muka air pengamatan berhasil didekati minimal dengan selisih ketinggian air 10% (Istianto, 2011). Didapatkan nilai koefisien Manning ( $n$ ) 0,02 dengan persen kesalahan sebesar 1,53%. Tinggi muka air pada stasiun 17,22 bisa kita lihat pada **Gambar 4**.



**Gambar 4** Tinggi Muka Air di Stasiun 17,22

Selanjutnya dilakukan verifikasi model dengan menggunakan dua elevasi muka air pengamatan lainnya yaitu di stasiun 13,74 yang terletak di Jembatan Rencong dan stasiun 24,82 yang terletak di Jembatan Sindang Reret, dengan elevasi muka air pengamatan 661,04 m untuk stasiun 13,74 dan 662,26 m untuk stasiun 24,82. Model yang sudah dikalibrasi dibandingkan dengan dua elevasi muka air pengamatan tersebut. Didapatkan bahwa dengan koefisien Manning ( $n$ ) sebesar 0,02, persen kesalahan untuk stasiun 13,74 sebesar 5,05% dan untuk stasiun 24,82 sebesar 3,20%. Dengan demikian, model telah mendekati kedua elevasi muka air pengamatan tersebut dan dianggap telah menyerupai kondisi di lapangan serta siap untuk digunakan.

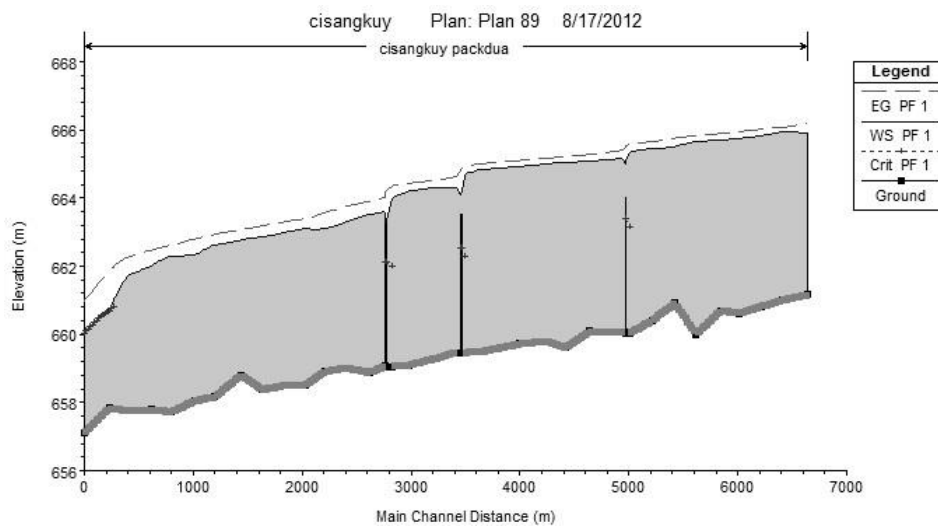
#### 4) Analisis Penampang Eksisting (pada HEC-RAS)

Analisis penampang eksisting dengan menggunakan HEC-RAS bertujuan untuk mengetahui kondisi dari Sungai Cisangkuy Hilir saat ini (eksisting). Dengan menggunakan HEC-RAS maka dapat diketahui profil dari muka air saat terjadi banjir.

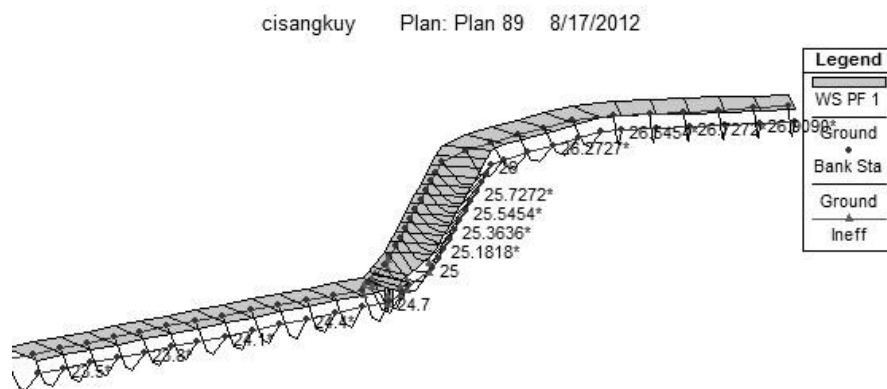
Simulasi yang akan dilakukan adalah *Steady Flow Analysis* karena aliran sungai dianggap tetap per satuan waktu dan tidak ada pengaruh pasang surut air di bagian hilir sungai. Adapun pengaruh *back water* dari Sungai Citarum diasumsikan tidak ada. Pada analisis ini, dimasukan syarat batas sesuai jenis analisa untuk aliran tetap.

Data aliran yang diperlukan dalam hitungan aliran permanen (*steady flow*) pada penelitian ini adalah debit di batas hulu serta elevasi muka air di batas hilir. Debit yang dimasukkan adalah debit rencana banjir periode ulang 20 tahun yaitu 229,27 m<sup>3</sup>/s. Input cukup dilakukan di stasiun paling hulu yaitu stasiun 33 dengan *reach boundary conditions* menggunakan kedalaman kritis di *downstream* (stasiun paling hilir).

HEC-RAS menampilkan hasil hitungan dalam bentuk grafik atau tabel. Presentasi dalam bentuk grafik dipakai untuk menampilkan tampang lintang di suatu *River Reach*, tampang panjang profil muka air sepanjang alur (lihat **Gambar 5**), atau gambar perspektif alur (lihat **Gambar 6**). Presentasi dalam bentuk tabel dipakai untuk menampilkan hasil rinci berupa angka (nilai) variabel di lokasi/titik tertentu, atau laporan ringkas proses hitungan seperti kesalahan dan peringatan.



**Gambar 5.** Profil Muka Air pada Penampang Memanjang



**Gambar 6.** Gambar Perspektif 3D Penampang

Setelah simulasi dilakukan, didapat data elevasi muka air di setiap stasiun penampang, maka dapat diketahui apakah penampang tersebut mampu menampung debit banjir rencana atau tidak. Selain itu dipertimbangkan juga persyaratan tinggi jagaan, dimana untuk debit  $229,27 \text{ m}^3/\text{s}$  memiliki kriteria tinggi jagaan 0,75 meter. Adapun hasil dari simulasi bisa kita lihat pada **Tabel 2** sebagai berikut :

**Tabel 2.** Elevasi Muka Air Hasil Simulasi

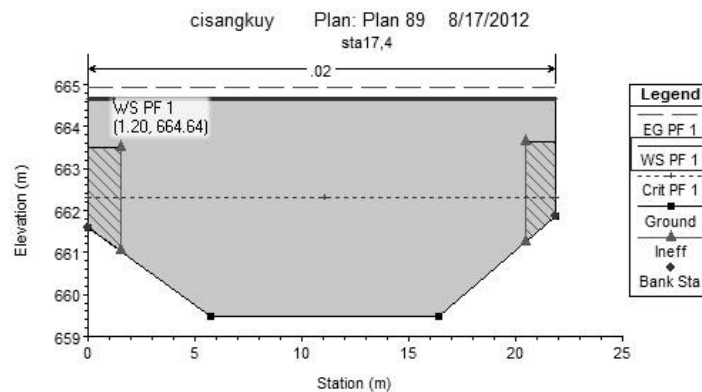
No. Sta	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tebing Kiri (m)	Elevasi Tebing Kanan (m)	Elevasi Tebing Kiri - Elevasi Muka Air	Elevasi Tebing Kanan - Elevasi Muka Air	Persyaratan Tinggi Jagaan 0,75 meter
33	665.91	665.64	665.64	-0.27	-0.27	Tidak Terpenuhi
32	665.94	664.85	664.85	-1.09	-1.09	Tidak Terpenuhi
31	665.82	663.93	663.93	-1.89	-1.89	Tidak Terpenuhi
30	665.75	663.32	663.69	-2.43	-2.06	Tidak Terpenuhi
29	665.71	663.23	663.97	-2.48	-1.74	Tidak Terpenuhi
28	665.66	664.01	664.01	-1.65	-1.65	Tidak Terpenuhi
27	665.49	663.78	663.78	-1.71	-1.71	Tidak Terpenuhi
26	665.45	663.29	663.15	-2.16	-2.3	Tidak Terpenuhi
25	665.34	663.42	663.42	-1.92	-1.92	Tidak Terpenuhi
24.7	665.14	663.42	663.42	-1.72	-1.72	Tidak Terpenuhi
24	665.13	663.24	663.7	-1.89	-1.43	Tidak Terpenuhi
23	665.08	663.4	663.17	-1.68	-1.91	Tidak Terpenuhi
22	665.05	662.72	663.19	-2.33	-1.86	Tidak Terpenuhi
21	665.01	662.92	663.06	-2.09	-1.95	Tidak Terpenuhi
20	664.93	663.22	662.91	-1.71	-2.02	Tidak Terpenuhi
19	664.89	662.58	662.84	-2.31	-2.05	Tidak Terpenuhi
18	664.83	662.52	663.01	-2.31	-1.82	Tidak Terpenuhi
17.4	664.64	661.58	661.87	-3.06	-2.77	Tidak Terpenuhi
17	664.28	661.58	661.87	-2.7	-2.41	Tidak Terpenuhi
16	664.32	662.67	661.74	-1.65	-2.58	Tidak Terpenuhi
15	664.2	661.7	661.67	-2.5	-2.53	Tidak Terpenuhi
14	663.98	661.71	661.58	-2.27	-2.4	Tidak Terpenuhi
13.65	663.56	661.67	661.4	-1.89	-2.16	Tidak Terpenuhi
13	663.52	661.48	661.43	-2.04	-2.09	Tidak Terpenuhi
12	663.31	661.43	661.33	-1.88	-1.98	Tidak Terpenuhi
11	663.11	661.26	661.26	-1.85	-1.85	Tidak Terpenuhi
10	663.1	661.1	660.63	-2	-2.47	Tidak Terpenuhi
9	662.99	661.02	660.93	-1.97	-2.06	Tidak Terpenuhi
8	662.87	660.91	660.95	-1.96	-1.92	Tidak Terpenuhi
7	662.77	660.79	660.75	-1.98	-2.02	Tidak Terpenuhi
6	662.63	660.36	660.66	-2.27	-1.97	Tidak Terpenuhi
5	662.35	660.6	660.55	-1.75	-1.8	Tidak Terpenuhi
4	662.31	660.43	660.4	-1.88	-1.91	Tidak Terpenuhi
3	661.99	660.35	660.26	-1.64	-1.73	Tidak Terpenuhi
2	661.72	660.23	660.18	-1.49	-1.54	Tidak Terpenuhi
1	660.74	660	660.12	-0.74	-0.62	Tidak Terpenuhi
0	660.03	659.95	660	-0.08	-0.03	Tidak Terpenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan HEC-RAS

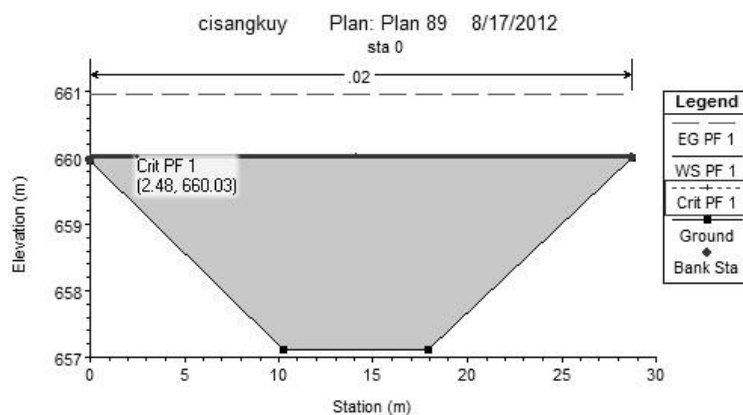


Nilai tinggi banjir didapatkan dengan cara menghitung perbedaan tinggi antara elevasi tebing kanan dan kiri dengan elevasi muka air hasil simulasi. Apabila perbedaan tinggi bernilai negatif, artinya telah pada stasiun tersebut telah terjadi banjir. Adapun bila perbedaan tinggi bernilai positif, maka di stasiun tersebut tidak terjadi banjir, namun perlu diperhatikan persyaratan tinggi jagaan (0,75) yang harus dipenuhi.

Dari **Tabel 2** bisa kita lihat bahwa semua penampang mengalami banjir dan tidak memenuhi persyaratan tinggi jagaan. Tinggi banjir tertinggi terdapat pada stasiun 17,4 yaitu mencapai 3,06 meter (lihat **Gambar 7**) sedangkan tinggi banjir terendah terdapat pada stasiun 0 yaitu sebesar 0,03 meter (lihat **Gambar 8**).



**Gambar 7.** Tinggi Muka Air di Stasiun 17,4



**Gambar 8.** Tinggi Muka Air di Stasiun 0

Banjir pada Sungai Cisangkuy Hilir lebih disebabkan karena sedimentasi di sepanjang sungai yang mencapai tiga meter. Faktor sedimen dan perubahan penampang tersebut membuat perubahan dramatis pada sungai yang kita kenal dengan perubahan geomorfologi (Rijn, 1993). Sedimen tersebut berasal dari erosi yang terjadi di bagian hulu, tengah, sampai hilir sub DAS Cisangkuy yang terbawa ke badan sungai. Erosi sub DAS Cisangkuy sudah mencapai 163 ton/ha/thn yang dapat menyebabkan pendangkalan badan sungai dengan laju pendangkalan mencapai 17 cm/tahun (BWWS Citarum, 2012), sehingga akan menurunkan kapasitas dari badan air dan meningkatkan potensi luapan / banjir.

Faktor penyebab erosi antara lain disebabkan karena jenis tanah di daerah hulu hingga tengah didominasi oleh andosol yang mempunyai karakteristik lepas /remah/granular dan mudah tererosi. Tingkat erosi sub DAS menunjukkan

kecenderungan semakin kritis untuk wilayah sub DAS Cisangkuy tengah hingga hulu dan termasuk sangat kritis untuk wilayah tengah hingga hilir.

Selain faktor sedimentasi, tingginya air limpasan permukaan juga membuat debit puncak menjadi lebih besar. Limpasan permukaan yang tinggi tersebut lebih banyak disebabkan oleh pemanfaatan lahan sebagai lahan terbangun, sawah dan tegal sayur. Wilayah ini mempunyai luas prioritas pengendalian limpasan permukaan sekitar 61.6% dari seluruh luas wilayah (Sarminingsih, 2007). Tingginya intensitas curah hujan yang terjadi pada lahan terbangun memberikan implikasi pada intensitas banjir pada sungai dan banjir lokal pada daerah banjir serta pada hakekatnya dapat memperbesar resiko banjir di kemudian hari (Collins et al., 2007). Hal ini berarti, di lahan-lahan yang mempunyai nilai prioritas tersebut harus dilakukan suatu upaya-upaya untuk menurunkan limpasan permukaan dan meningkatkan penyimpanan air dalam tanah.

Dari permasalahan tersebut maka diperlukan suatu upaya untuk menanggulangi banjir Sungai Cisangkuy Hilir. Salah satu alternatif pengendalian tersebut adalah dengan melakukan normalisasi penampang di Sungai Cisangkuy Hilir agar kapasitas dari sungai menjadi lebih besar dan dapat menampung debit puncak banjir yang terjadi. Namun upaya normalisasi hanya sebatas tindakan kuratif sehingga perlu dilakukan upaya preventif pada sumber dari permasalahan tersebut. Untuk itu diperlukan upaya konservasi lahan, baik secara struktural maupun non struktural. Upaya struktural dimaksudkan untuk menekan laju sedimentasi di sungai, meningkatkan ketersediaan air di musim kemarau serta menurunkan debit puncak banjir. Sedangkan upaya konservasi non struktural lebih fokus dalam melibatkan partisipasi masyarakat. Perspektif ini melibatkan pemahaman interaksi di antara penggunaan lahan, pengambilan sumber daya alam dan pilihan mata pencaharian dengan hukum dan kerangka kebijakan yang legal (Hunter et al., 2002).

## **KESIMPULAN**

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Semua penampang mengalami banjir dan tidak memenuhi persyaratan tinggi jagaan. Tinggi banjir tertinggi terdapat pada stasiun 17,4 yaitu mencapai 3,06 meter sedangkan tinggi banjir terendah terdapat pada stasiun 0 yaitu sebesar 0,03 meter.
2. Banjir disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, erosi di daerah tengah dan hulu sub DAS Cisangkuy sehingga menyebabkan sedimentasi di daerah hilir. Selain itu tingginya air limpasan di sub DAS Cisangkuy karena pemanfaatan lahan sebagai lahan terbangun, sawah dan tegal sayur.
3. Perlu dilakukan upaya pengendalian banjir, baik tindakan kuratif seperti normalisasi penampang, maupun tindakan preventif seperti konservasi lahan secara struktural dan non struktural.

## **Daftar Pustaka**

- Balai Besar Wilayah Sungai Citarum (2012). Executive Summary. Bandung.
- Collins, E., Lucy & Simpson (2007). The impact of Climate changes on the insuring flood risk. In: Institute of Actuaries of Australia Biennial Convention, 23-26 September, Christ-church, New Zealand: Trowbridge Deloitte, 23-26.
- Graf, W.H. (1984). Hydraulics of sediment transport. 1984: Water Resources Pubns.
- Hicks, F.E. & Peacock (2005). Suitability of HEC-RAS for Flood Forecasting. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, Edmonton.
- Hunter, D., Salzman & Zaelke (2002). International Environmental Law and Policy 379-438 (New York: Foundation Press, 2nd Ed).

- IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, AR4-WG1.
- Istiarto (2011). Modul Pelatihan HEC-RAS Dasar, Simple Geometry River. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Pacific Consultants International (2003). Upper Citarum Basin Urgent Flood Control Project (II). Dinas Balai Besar Wilayah Sungai Citarum, Bandung.
- Rijn, V.L.C. (1993). Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas.
- Sarminingsih, A. (2007). Evaluasi Kekritisan Lahan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Mendesaknya Langkah-Langkah Konservasi Air. Universitas Diponegoro, Semarang.