

KAJIAN DEBIT RANCANGAN BANJIR DAN KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI BAKI

Dony Azhari¹⁾, Cahyono Ikhsan²⁾, Sobriyah³⁾

¹⁾Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

²⁾³⁾Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A 57126. Telp:0271647069. Email : donyazhari93@gmail.com

Abstract:

The problem of flooding in several cities in Indonesia have been around a long time and often a disaster that harm various parties . In rainy season , the junction between the River's Baki with the Bengawan Solo is prone to flooding due to high water level of the Bengawan Solo, which is causing backwater at the river junction. Efforts for flood control have been conducted .The purpose of this study was to determine the elevation of backwater due to junction of Baki River with Bengawan Solo , Baki River channel capability to accommodate the flood discharge , and provide a way for flood prevention of HEC RAS analysis .In this study, using several methods . The method used to determine the maximum flood discharge in Baki River is a Rational method . While the methods used in the calculation of water surface profile is the standard step method. In the calculations the reference length in Bengawan Solo is divided into several pieces .The data used in this research is secondary data in December 2007. The results of the analysis and calculation of the maximum discharge in the Baki River with a Rational method of 1.138,858 m³/ second . Discharge flowing in the Bengawan Solo is known from discharge curve of 1.904,7 m³/ second . Calculation flood level elevation at the confluence with the standard step method stages of 11,388 m . Based on the analysis of the HEC RAS program , it can be seen that the profile of water level that occurred in Baki River embankment higher than the surrounding . Therefore , the study did a simulation scenario with the installation of flood control dikes and retention basins combined with an embankment.

Keywords : backwater, standard step method, flood control, HEC RAS.

Abstrak:

Permasalahan banjir pada beberapa kota di Indonesia ini sudah ada sejak lama dan sering kali menjadi bencana yang merugikan berbagai pihak. Pada musim penghujan, daerah di tempuran antara Sungai Baki dengan Bengawan Solo rawan terjadi banjir dikarenakan tingginya elevasi muka air Bengawan Solo yang kemudian menyebabkan terjadinya aliran arus balik air pada pertemuan sungai.. Upaya-upaya untuk pengendalian banjir pun telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui elevasi arus balik air akibat pertemuan Sungai Baki dengan Bengawan Solo, kemampuan saluran Sungai Baki dalam menampung debit banjir, dan memberikan cara penanggulangan banjir dari analisis HEC RAS. Pada penelitian ini menggunakan beberapa metode. Metode yang digunakan untuk mengetahui debit banjir maksimum di Sungai Baki adalah metode Rasional. Sedangkan metode yang digunakan dalam perhitungan profil muka air yaitu metode tahapan standar. Dalam perhitungannya panjang sungai acuan di Bengawan Solo dibagi menjadi beberapa pias. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder bulan Desember 2007. Hasil analisis dan perhitungan debit maksimum di Sungai Baki dengan metode Rasional sebesar 1.138,858 m³/ detik. Debit yang mengalir di Bengawan Solo diketahui dari lengkung debit sebesar 1.904,7 m³/ detik. Perhitungan elevasi muka banjir di pertemuan sungai dengan metode tahapan standar sebesar 11,388 m. Berdasarkan analisis dengan program HEC RAS, dapat dilihat bahwa profil muka air yang terjadi di sungai Baki lebih tinggi dari tanggul sekitar. Oleh karena itu, dalam penelitian melakukan skenario simulasi pengendalian banjir dengan pemasangan tanggul dan kolam retensi yang dikombinasikan dengan pemasangan tanggul.

Kata kunci : arus balik air, tahapan standar, pengendalian banjir, HEC RAS.

PENDAHULUAN

Permasalahan banjir pada beberapa kota di Indonesia ini sudah ada sejak lama dan sering kali menjadi bencana yang merugikan berbagai pihak. Banjir yang terjadi telah mengakibatkan banyak kerusakan pada infrastruktur seperti jalan raya dan bangunan lainnya. Upaya-upaya untuk pengendalian banjir pun telah dilakukan. Sistem drainase memiliki peranan yang sangat penting dalam upaya untuk pengendalian banjir pada suatu kawasan. Permasalahan banjir yang ada tidak lepas dari kinerja sistem drainase di kawasan tersebut. Jika sistem drainase suatu kawasan baik, maka limpasan yang terjadi dapat dialirkan dengan baik ke badan air, sehingga genangan yang terjadi dapat dengan cepat diatasi.

Lokasi penelitian berada di pertemuan antara DAS Baki dengan Bengawan Solo di Kecamatan Baki, Sukoharjo, Jawa Tengah.

Permasalahan banjir di Kelurahan Ngrombo dan Langenharjo, Baki, Sukoharjo yang disebabkan aliran balik pada tempuran antara Sungai Baki dengan Bengawan Solo. Kondisi di sekitar tempuran atau titik pertemuan merupakan kawasan rawan banjir jika musim penghujan tiba. Perubahan tampang sungai yang lurus di sepanjang aliran Sungai Baki mengakibatkan meningkatnya arus yang terjadi. Pada saat terjadi hujan, debit air dari Sungai Baki sangat deras ditambah lagi debit Bengawan Solo cukup besar mengakibatkan kapasitas tampang saluran yang ada tidak mampu mengalirkan debit air sehingga air melimpas membanjiri daerah di sekitar titik pertemuan atau tempuran. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis debit banjir dan profil muka air untuk mengetahui tinggi muka air di daerah pertemuan Sungai Baki dengan Bengawan Solo. Bila diketahui profil muka air melebihi tanggul sungai, maka dilakukan skenario pengendalian banjir.

LANDASAN TEORI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui elevasi *backwater* akibat pertemuan Sungai Baki dengan Bengawan Solo dengan melakukan simulasi menggunakan program HEC RAS. Secara umum, metode Tahapan Standar dinyatakan dengan membagi saluran menjadi bagian-bagian saluran yang pendek lalu menghitung secara bertahap dari satu ujung ke ujung saluran yang lainnya. Selain itu, tujuan yang lain untuk mengetahui kemampuan saluran Sungai Baki dalam mengalirkan debit banjir rencana dengan melakukan simulasi menggunakan program HEC RAS v.4.1. Bila mana penampang Sungai Baki tidak dapat menampung arus balik, maka dalam penelitian ini memberikan cara penanggulangan banjir berdasarkan analisis HEC RAS.

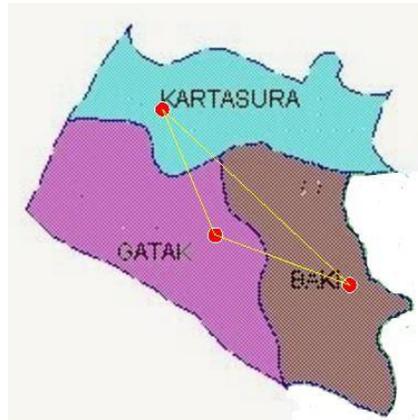
TAHAPAN PENELITIAN

Mengumpulkan Data

Data yang digunakan untuk keperluan penelitian ini adalah data sekunder. Data ini diambil dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Surakarta, Kementerian Pekerjaan Umum, Balai Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Surakarta, dan Perum Jasa Tirta Solo. Data tersebut berupa data curah hujan di Stasiun Baki, Gatak, dan Kartasura; data tinggi muka air dan debit yang dicatat dari pos AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) Bengawan Solo di Jurug saat kejadian ekstrim; gambar penampang melintang Bengawan Solo; gambar penampang melintang Sungai Baki; peta situasi alur Sungai Baki; dan peta DAS Baki.

Hujan Wilayah

Pada penelitian ini metode yang digunakan menghitung hujan wilayah DAS Baki yaitu metode poligon Thiessen. Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos stasiun hujan untuk akomodasi ketidakseragaman jarak. Berikut hasil poligon *Thiessen* pada DAS Baki pada Gambar 1.



Gambar 1. Poligon Thiessen DAS Baki

Dalam memperoleh koefisien Thiessen (C_t), metode yang digunakan yaitu membagi luasan DAS untuk setiap stasiun penakar hujan seperti ditampilkan pada poligon Thiessen Gambar 1 dan nilai koefisien Thiessen (C_t) pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Thiessen untuk Stasiun Kartasura, Gatak, Baki

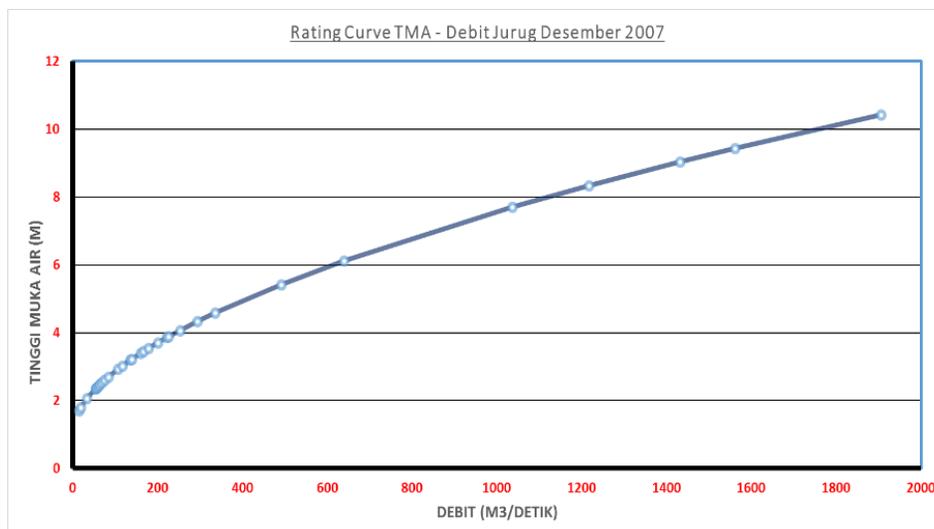
Nama Stasiun	Luas DAS	Koefisien Thiessen
	(A_i) (km^2)	(C_t) (%)
Kartasura	7,7667	31%
Gatak	6,1604	25%
Baki	10,8036	44%
Jumlah	24,7307	100%

Debit Rencana

Untuk menghitung laju aliran puncak (debit), mempunyai beberapa metode yang digunakan. Metode yang umum digunakan adalah metode Rasional dan hidrograf banjir. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Rasional dengan parameter lainnya antara lain koefisien aliran permukaan (C) untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan, serta intensitas hujan (I) dengan metode Monobe, di mana data yang diturunkan diperoleh dari data curah hujan harian dalam Bulan Desember 2007.

Titik Duga di Titik Kontrol

Data AWLR di titik kontrol Jurug, Surakarta dipakai sebagai acuan dalam penentuan hidrograf debit sebelum dilakukan analisis arus balik yang terjadi di pertemuan Sungai Baki dengan Bengawan Solo. Berikut hidrograf aliran yang terjadi di AWLR Jurug saat kejadian Bulan Desember 2007 pada Gambar 2.



Gambar 2 Hidrograf Aliran Kejadian Desember 2007 di Jurug

Analisa Profil Muka Air

Metode Tahapan Standar dinyatakan dengan membagi saluran menjadi bagian-bagian saluran yang pendek lalu menghitung secara bertahap dari satu ujung ke ujung saluran yang lainnya. Selain itu, dalam membuat simulasi profil muka air dengan bantuan HEC RAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Debit yang digunakan untuk perhitungan merupakan debit maksimum. Metode yang digunakan dalam perhitungan debit maksimum adalah metode Rasional. Berikut hasil analisis debit di Sungai Baki Bulan Desember 2007 pada Tabel 2.

Tabel 2. Debit Sungai Baki Bulan Desember 2007 dengan Metode Rasional

Desember	Debit (Q) (m ³ /detik)	Desember	Debit (Q) (m ³ /detik)
1	0,000	16	0,000
2	1.169,461	17	269,159
3	263,302	18	76,860
4	187,884	19	526,442
5	170,082	20	0,000
6	40,883	21	219,769
7	59,466	22	25,216
8	198,110	23	0,000
9	308,480	24	81,766
10	662,303	25	141,232
11	8,844	26	1.657,306
12	523,494	27	81,429
13	47,295	28	1.366,133

Desember	Debit (Q) (m ³ /detik)	Desember	Debit (Q) (m ³ /detik)
14	40,756	29	309,063
15	0,000	30	0,000
		31	609,027

Jenis kemiringan sungai dapat diketahui dengan membandingkan kemiringan dasar saluran rata-rata $S_o = \frac{\Delta H}{x}$ dengan kemiringan saluran rata-rata kemiringan kritis. Kemiringan kritis dapat dihitung dengan persamaan Manning $S_c = \frac{Q^2 \cdot n^2}{R^3 \cdot A^2}$ dan kedalaman kritis $y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2 T_c}{g(B+m \cdot y_c)^3}}$. Kedalaman air normal dihitung dengan persamaan $y_n = \frac{Q \cdot n}{S_o^{0.5} \cdot R^3 \cdot (B+m \cdot y)}$. Perhitungan kedalaman air normal diperoleh dengan cara coba-coba, dengan memasukkan nilai debit (Q), lebar sungai (B), koefisien Manning (n), kemiringan talud (m), dan kemiringan dasar sungai (S_o). Berikut hasil hitungan kedalaman kritis dan normal di Bengawan Solo pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kedalaman Air Kritis dan Normal Bengawan Solo

Desember	y_c (m)	y_n (m)	Desember	y_c (m)	y_n (m)
1	0,141	0,552	16	0,712	1,910
2	0,170	0,613	17	0,731	1,947
3	0,251	0,844	18	0,763	2,012
4	0,345	1,091	19	0,826	2,133
5	0,345	1,091	20	0,882	2,239
6	0,355	1,116	21	0,890	2,253
7	0,371	1,158	22	0,962	2,384
8	0,385	1,191	23	1,061	2,560
9	0,405	1,240	24	1,157	2,725
10	0,429	1,297	25	1,488	3,258
11	0,463	1,377	26	1,771	3,678
12	0,540	1,549	27	2,425	4,566
13	0,575	1,626	28	2,692	4,901
14	0,636	1,755	29	2,990	5,263
15	0,647	1,777	30	3,162	5,465
			31	3,595	9,929

Analisis Profil Aliran

Metode Tahapan Standar

Dalam analisis arus balik penelitian ini, tinggi muka air dan debit maksimum di hilir pada pos AWLR Jurug yang digunakan adalah 10,43 m dan 1.904,7 m³/ detik. Data tersebut dipilih yang mempunyai nilai maksimal agar dapat mengetahui elevasi muka air banjir maksimal juga. Selain itu digunakan sebagai titik mulainya analisis arus balik dengan metode tahapan standar ditarik sampai ke hulu yang berada di pertemuan Sungai Baki dengan Bengawan Solo.

Dari hasil analisis metode Tahapan Standar, tinggi muka air banjir di pertemuan Sungai Baki dan Bengawan Solo sebesar 11,789 m. Dari data ini akan dilanjutkan dengan simulasi profil muka air banjir dengan bantuan HEC RAS.

Simulasi dengan Software HEC-RAS 4.1

Data yang diperlukan untuk analisis pola aliran dengan *software* HEC RAS adalah debit, penampang melintang, elevasi muka hilir yang diperoleh dari metode Tahapan Standar.

Pembuatan File Project

Langkah pertama perhitungan HEC-RAS yaitu mengatur sistem satuan yang akan digunakan yaitu *System International (Metric System)*. Setelah sistem satuan telah disesuaikan, dilanjutkan dengan pembuatan *file project* yaitu menentukan judul dan tempat penyimpanan.

Memasukkan Data Geometrik

Data geometri dimasukkan dengan memilih menu *Edit* pada HEC-RAS *main window*, kemudian dipilih *Geometric Data*. Selanjutnya adalah pembuatan skema sungai yang dimulai dari hulu sungai utama yaitu di pertemuan Bengawan Solo dengan Sungai Baki sampai hilir yang ditentukan.

Memasukkan Data Hidrolika

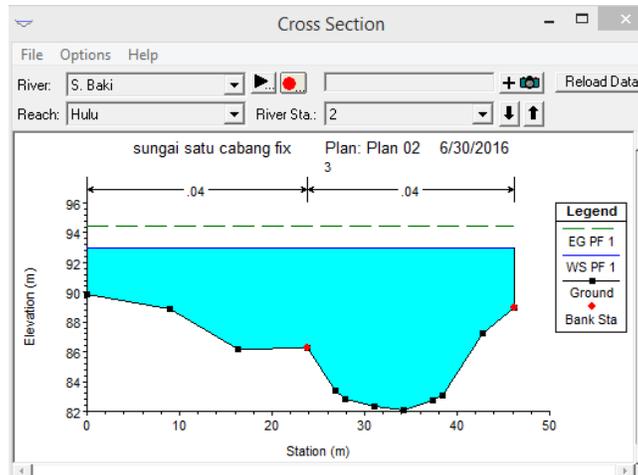
Data aliran dimasukkan dengan memilih *Edit* menu kemudian *Steady Flow Data* dari *Main Window*. Masukkan data debit sungai dan elevasi muka air hilir sungai Baki untuk mendapatkan pola aliran Sungai Baki. Masukkan data debit Bengawan Solo serta elevasi muka air pada Bengawan Solo untuk mengetahui terjadinya *back water*.

Running (Analisis)

Langkah analisis aliran *steady* dimulai dengan dengan memilih *Run* kemudian *Steady Flow Analysis* dari HEC-RAS *main window*. Pilih geometri yang direncanakan melalui *Geometric File*. Setelah itu, pilih data aliran *steady* yang direncanakan melalui *Steady Flow File*.

Hasil Analisis/ *Output*

Hasil analisis program terdiri dari gambar dan tabel pada *cross section* dan *long section* profile. Gambar 3 dapat dilihat salah satu penampang Sungai Baki tidak dapat menampung *backwater* yang terjadi sehingga muka air banjir melewati tanggul Sungai Baki.



Gambar 3. Cross Section Sungai Baki Sta 2

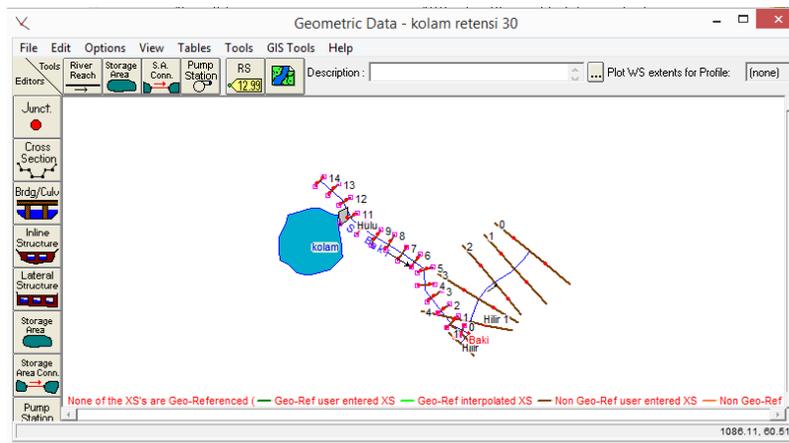
Skenario Pengendalian Banjir

Pemasangan Tanggul di Sepanjang Sungai Baki

Data yang digunakan untuk skenario perencanaan tanggul adalah data dari hasil evaluasi kapasitas penampang Sungai Baki. Dari hasil evaluasi kapasitas penampang dapat dilihat bagian-bagian Sungai Baki yang mengalami banjir akibat arus balik air. Bila terjadi banjir pada bagian yang sudah ditanggul, maka langkah yang dilakukan adalah meninggikan tanggul yang sudah ada. Pemberian tinggi tanggul yang direncanakan setinggi 2 – 3,5 m (sudah termasuk tinggi jagaan 0,8 m).

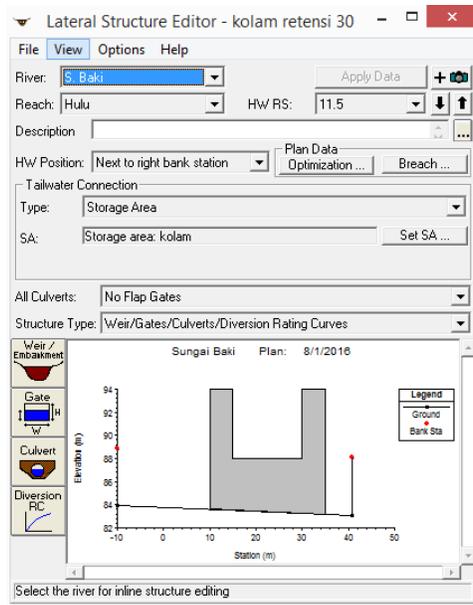
Pemasangan Tanggul dan Kolam Retensi

Setelah melakukan skenario I dalam pengendalian banjir, ada beberapa penampang melintang di sungai Baki yang masih mengalami banjir atau air meluap melewati tinggi tanggul yang direncanakan. Untuk itu, pada skenario yang kedua ini memberikan kolam retensi dan mengkombinasikan dengan perencanaan tanggul pada skenario yang pertama. Berikut Gambar 4 rencana lokasi Kolam Retensi dengan pemodelan HEC RAS.



Gambar 4. Rencana Lokasi Kolam Retensi di Sungai Baki dengan Pemodelan HEC-RAS 4.1

Selanjutnya, dibuat pemodelan kolam retensi dengan HEC RAS 4.1 dengan memodifikasi elevasi pelimpah, lebar pelimpah, dan tanggul sesuai skenario pengendalian banjir yang direncanakan. Berikut contoh simulasi kolam retensi dimensi I dengan elevasi pelimpah +8 m, lebar pelimpah 30 m dan luas kolam 70 ha pada Gambar 5.



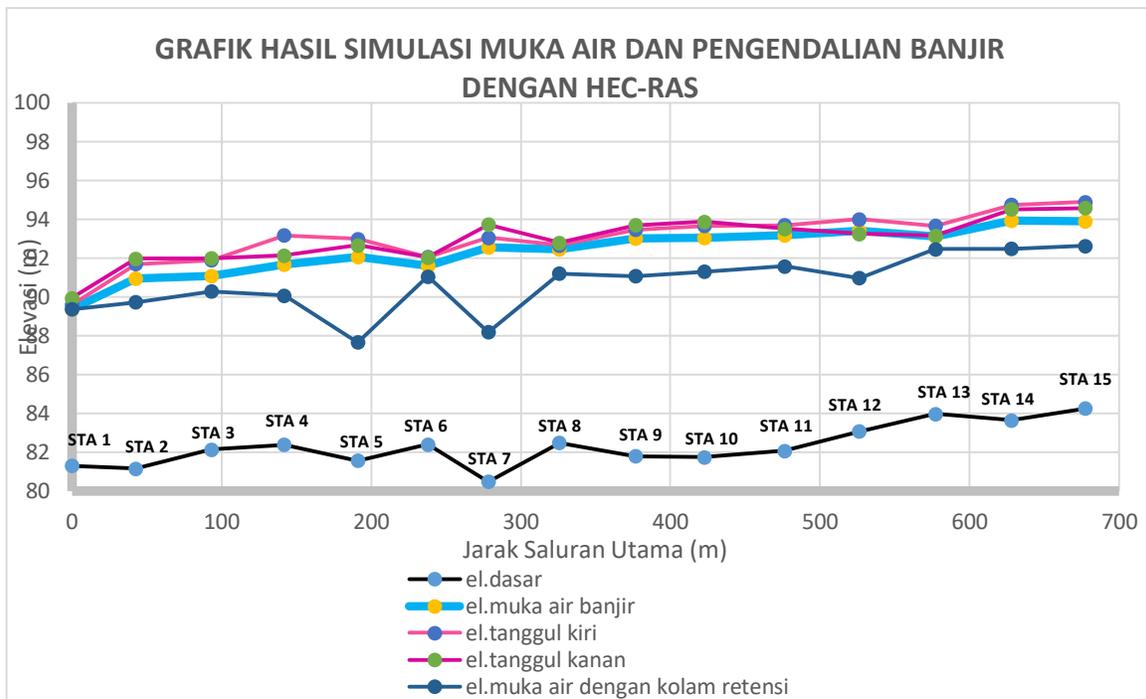
Gambar 5. Simulasi Kolam Retensi dengan Dimensi I pada HEC RAS 4.1

Simulasi yang dilakukan dalam skenario dua dalam pengendalian banjir Sungai Baki sebanyak 6 kali. Setelah dilakukan simulasi untuk tiap dimensi kolam retensi, hasil simulasi dibuat dalam tabel yang memuat debit masuk *spillway*, penurunan muka air maksimum, dan penurunan muka air rata-rata. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Simulasi Kolam Retensi dengan HEC RAS 4.1

NO	Dimensi Kolam Retensi (m)	Luas Kolam Retensi (ha)	Debit Masuk <i>Spillway</i> (m ³ /detik)	Penurunan Muka Air Maksimum (m)	Penurunan Muka Air Rata-rata (m)
1	Elevasi pelimpah = +8 Lebar pelimpah = 30	70	127,07	4	4
2	Elevasi pelimpah = +8 Lebar pelimpah = 40	70	102,9	4	3,02
3	Elevasi pelimpah = +8 Lebar pelimpah = 50	70	80,6	4,31	3,16
4	Elevasi pelimpah = +8,5 Lebar pelimpah = 30	70	79,30	4,31	4,09
5	Elevasi pelimpah = +8,5 Lebar pelimpah = 40	70	103,5	4	4
6	Elevasi pelimpah = +8,5 Lebar pelimpah = 50	70	129,93	4	4

Hasil rekapitulasi sudah termasuk pemasangan tanggul pada skenario pengendalian banjir pertama. Dari hasil di atas dibuat grafik untuk melihat keadaan profil muka air sebelum dan sesudah dibuat skenario pengendalian banjir di Sungai Baki. Berikut Gambar 6 grafik hasil simulasi muka air dan pengendalian banjir.



Gambar 6. Grafik Hasil Simulasi Muka Air dan Pengendalian Banjir dengan HEC RAS

SIMPULAN

Kesimpulan hasil analisis dan pembahasan kapasitas penampang sungai Baki, meliputi :

1. Debit puncak banjir yang terjadi pada Bulan Desember 2007 sebesar 1.138,858 m³/ detik yang dianalisis dengan metode Rasional.
2. Elevasi arus balik air (*backwater*) yang terjadi di pertemuan di Bengawan Solo dan Sungai Baki pada kejadian ekstrim 26 Desember 2007 sebesar +91,334 m.
3. Hasil simulasi skenario pengendalian banjir yang telah dilakukan yaitu berupa pemasangan tanggul (skenario 1). Namun dari hasil yang didapat masih terjadi luapan pada beberapa penampang melintang Sungai Baki.
4. Skenario pengendalian banjir di Sungai Baki yang disimulasikan skenario 2 adalah penambahan kolam retensi seluas 70 ha yang berada diantara sta 2 dan 3 dengan lebar pelimpah samping 50 meter dan elevasi mercu pelimpah samping +8 meter.
5. Pada perbandingan penampang melintang Sungai Baki sebelum dan sesudah disimulasikan skenario pengendalian banjir mengalami penurunan muka air. Hal ini berarti pengendalian banjir yang dilakukan di Sungai Baki berupa penambahan tanggul dan kolam retensi terbukti efektif.

TERIMA KASIH

Saya ucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing skripsi Dr. Cahyono Ikhsan, S.T.,M.T. dan Prof. Dr. Ir. Sobriyah, M.S. yang telah membimbing saya selesainya penelitian ini.

REFERENSI

- Bambang, T. 1995. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset
- Bambang, T. 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset
- Chow, V.T. 1973. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Terjemahan oleh Nensi Rosalina. 1992. Jakarta: Erlangga
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Pengairan Republik Indonesia. 1986. *Pedoman Penanggulangan Banjir*. Jakarta.
- Harto, Sri. 2000. *Hidrologi-Teori, Masalah dan Pembahasan*. Yogyakarta: Nafiri

- Hidrodinamika HEC-RAS – Jenjang Lanjut : Junction And Inline Structure.*
- 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.
- Istiarto. 2011. *Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS – Jenjang Dasar : Simple Geometry River*. Modul Pelatihan. Yogyakarta
- Istiarto. 2012. *Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program*. Modul Pelatihan. Yogyakarta
- Kodoatie, Robert J dan Sjarief, Rustam. 2006. *Pengelolaan Banjir Terpadu*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Kurniawan, Harris Widya dan Wijaya, V. Kris Andi. 2008. *Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Wulan dengan Program HEC-RAS 4.0 pada Kondisi Unsteady*, Tugas Akhir. Fakultas Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata (UNIKA), Semarang.
- Satria Wardanu, Hanif. 2016. *Penelusuran Banjir dengan Metode Numerik Daerah Aliran Sungai Ngunggahan Wonogiri*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi Offset Yogyakarta
- Syahputra, Ichsan. 2015. *Kajian Hidrologi dan Analisa Kapasitas Tampang Sungai Kreung Langsa Berbasis HEC-HMS dan HEC-RAS*, Thesis. Fakultas Teknik Sipil Universitas Abulyatama, Aceh Besar.
- Waskito, Tri Nugroho. 2012. *Evaluasi Pengendalian Banjir Sungai Cibeet*, Thesis. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB, Bandung.
- Wibisono, Chandra. 2015. *Analisa Arus Balik Air pada Saluran Drainase Primer Ngestiharjo dan Karangwuni Kabupaten Kulon Progo*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret (UNS), Surakarta.