

ANALISIS BACKWATER DENGAN HEC-RAS DI KELURAHAN SEWU KOTA SURAKARTA

Dinar Fauziyah Fatma Kartikaningrum¹, Rintis Hadiani² dan Endah Sitaresmi Suryandari³

¹ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

² Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³ Kepala Dinas Pekerjaan Umum Kota Surakarta

Email: kartikaningrum76@gmail.com

ABSTRACT

Sewu village is one of the region in Surakarta that frequently have flooding. This is because the area is low and Pepe overflows into Bengawan Solo river. To find out the length of the backwater seen in HEC-RAS software, which are then mapped with the Geographic Information System. The calculation was used flood discharges due to rain on 2, 5, 10, 25, 50 period, and 3-days rainfall maximum yearly. From this study, it is expected to obtain flood discharge plans for re-periods and maximum daily rains, as well as knowing whether or not the backwater occurs. Flood discharge was calculated using HSS Nakayasu method. The result of this research are maximum discharge for 2 years return period (Q_2) is 22,74 m³/second, maximum discharge for 5 years return period (Q_5) is 30,90 m³/second, maximum discharge for 10 years return period (Q_{10}) is 36,66 m³/second, maximum discharge for 25 years return period (Q_{25}) is 44,34 m³/second, and maximum discharge for 50 years return period (Q_{50}) is 50,37 m³/second, and the maximum annual flood discharge due to 3-days rains is 41,58 m³/second which occurred in 2004. Based on the results of the analysis of the HEC-RAS program, it can be seen that the existence of the new Demangan floodgate is able to overcome the flood problems that have occurred so far.

Keywords: back water, HEC-RAS, Geographic Information System (GIS), HSS Nakayasu

ABSTRAK

Kelurahan Sewu merupakan salah satu wilayah yang sering mengalami banjir di Kota Surakarta. Hal ini dikarenakan daerahnya yang rendah serta adanya luapan Kali Pepe yang masuk ke Sungai Bengawan Solo. Untuk mengetahui panjang arus balik terlihat pada perhitungannya *software* HEC-RAS, yang kemudian dipetakan dengan Sistem Informasi Geografis. Debit yang digunakan dalam perhitungan adalah Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} , dan Q_3 harian. Dari penelitian ini diharapkan memperoleh debit banjir rencana periode ulang dan hujan 3 harian maksimum tahunan, serta mengetahui terjadi atau tidaknya arus balik air. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode HSS Nakayasu didapatkan nilai debit banjir periode ulang 2 Tahun (Q_2) adalah 23,95 m³/detik, debit banjir 5 Tahun (Q_5) adalah 32,56 m³/detik, debit banjir periode ulang 10 Tahun (Q_{10}) adalah 38,62 m³/detik, debit banjir periode ulang 25 Tahun (Q_{25}) adalah 46,71 m³/detik, debit banjir periode ulang 50 Tahun (Q_{50}) adalah 53,07 m³/detik, dan debit banjir akibat hujan 3 harian maksimum tahunan adalah 41,91 m³/detik yang terjadi pada tahun 2004. Berdasarkan hasil analisis program HEC-RAS, dapat dilihat bahwa keberadaan pintu air Demangan yang baru mampu menanggulangi permasalahan banjir yang selama ini terjadi.

Kata kunci: air balik, HEC-RAS, Sistem Informasi Geografis, HSS Nakayasu.

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan suatu keadaan dimana daratan tergenang oleh air. Air muncul karena saluran yang tidak lagi mampu menampung air tersebut. Banjir juga menimbulkan berbagai kerugian baik material maupun non material, serta menjadi ancaman bagi warga yang tinggal disekitarnya.

Banjir pada tanggal 26 Desember 2007 merupakan banjir terbesar sejak tahun 1966. Pada saat itu terjadi pemusatan genangan di Kota Surakarta, terutama di Kelurahan Sewu dan Joyotakan. Banjir ini lebih disebabkan oleh *backwater*, selain itu juga diperkuat oleh jebolnya tanggul serta adanya pendangkalan. Dampaknya terjadi genangan hampir 100% di Kelurahan Sewu dan Joyotakan (Paparan PKT, 2018).

Air balik (*backwater*) adalah aliran air yang terjadi pada pertemuan saluran, baik saluran yang besar maupun yang kecil. Aliran ini terjadi karena elevasi muka air pada saluran besar lebih tinggi dari elevasi muka air di saluran kecil. Analisis air balik dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS.

Untuk mengetahui terjadi atau tidaknya air balik (*backwater*) perlu dihitung debit sungai atau saluran terlebih dahulu. Dari data hujan harian yang diperoleh, dapat dihitung debit banjir rencana periode ulang dan hujan 3 harian maksimum tahunan.

Pada masa lampau, *backwater* terjadi saat pintu air Demangan lama tertutup dan disertai dengan kebocoran yang disebabkan karena usia pintu dan pompa air yang sudah tua. Saat ini, *backwater* tidak lagi menjadi masalah di Kota Surakarta. Hal ini terjadi karena terdapat dua pintu air pengatur. Pertama, pintu air yang berada di Tirtonadi. Pintu air ini menahan air dari Pepe Hulu supaya tidak masuk ke Pepe Hilir atau ke dalam kota. Kedua, pintu air Demangan baru yang menahan agar tidak terjadi *backwater* dari Bengawan Solo. Selain itu, Kota Surakarta juga bentengi parapet dengan Q_{50} tahun. Pintu air Demangan juga dilengkapi dengan pompa air dengan kapasitas $12,5 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Penelitian yang dilakukan tidak memperhitungkan adanya pompa air, ditambah lagi data yang digunakan hanya sampai tahun 2017. Dengan demikian, analisis ini tidak bisa lagi diberlakukan. Akan tetapi, penanganan *backwater* pada lokasi ini dapat dijadikan contoh untuk saluran/sungai di lokasi yang lain yang bersinggungan langsung dengan sungai besar.

2. LANDASAN TEORI

Penelusuran banjir merupakan suatu upaya mengurangi dampak yang merugikan akibat banjir dengan cara memprediksi besarnya banjir dengan melihat fenomena alam seperti tinggi rendahnya curah hujan. Dalam perhitungan debit yang digunakan adalah debit maksimum yang diambil dari data hujan pada kurun waktu tertentu.

ArcGIS merupakan software berbasis Geographic Information System (GIS) yang banyak digunakan untuk mengetahui lokasi rawan yang terjadi dari bencana alam. Lanaria Pangestu (2017) memplotkan nilai area banjir dari hasil HEC-RAS ke dalam peta SHP (shapefile) untuk menghasilkan peta area banjir akibat *backwater*.

Mengisi Data Hujan yang Hilang

Masalah yang sering dialami dalam pengukuran hujan salah satunya adalah tidak tercatatnya hujan karena kerusakan alat atau pengamat tidak mencatat. Data yang hilang ini dapat diisi dengan nilai perkiraan. Dengan mempertimbangkan jarak antar stasiun dan curah hujan di beberapa stasiun terdekat, data hujan yang hilang dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (1)$$

dengan P_x = data curah hujan pada stasiun X yang diperkirakan data hilang, P_i = data curah hujan stasiun terdekat, dan L_i = jarak antar stasiun.

Uji Konsistensi Data

Data yang diperoleh dari alat pencatat bisa jadi tidak pengah karena berpindahannya alat, rusaknya alat, lokasi terganggu, dan lain sebagainya (Sri Harto, 2000). Penelitian ini menguji konsistensi data dengan lengkung massa ganda (*double mass curve*). Konsistensi data hujan dengan kurva massa ganda dapat dilihat dari grafik yang dihasilkan. Apabila garis tidak lurus maka perlu dikoreksi dengan cara mengalikan data dengan faktor perubahan kemiringan sebelum atau sesudah grafik patah.

Hujan Wilayah

Stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik di mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan di stasiun tersebut belum bisa menggambarkan hujan yang terjadi di suatu wilayah. Metode polygon Thiessen memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata (Bambang Triatmodjo, 2009).

Nilai hujan wilayah dengan metode polygon Thiessen dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$\bar{p} = \frac{A_1p_1 + A_2p_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2)$$

dengan \bar{p} = hujan rerata kawasan, p_1, p_2, \dots, p_n = hujan stasiun 1, 2, 3, ..., n dan A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n.

Distribusi Sebaran

Perhitungan menggunakan distribusi Log Pearson III banyak digunakan dalam analisis data maksimum banjir dan debit minimum dengan nilai ekstrem. Bentuk distribusi Log Pearson III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson III dengan transformasi variat menjadi nilai logaritmik. Bentuk distribusi Log Pearson III dapat dihitung dengan Persamaan 3.

$$Y = \bar{Y} - k.S \quad (3)$$

dengan Y = nilai logaritmik dari X , \bar{Y} = nilai rata-rata dari Y , S = deviasi standar dari Y dan K = karakteristik dari distribusi Log Pearson III.

Kecocokan Sebaran

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov juga disebut uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu namun dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas. Dari gambar dapat diketahui jarak penyimpangan setiap titik data terhadap kurva. Jarak penyimpangan terbesar merupakan nilai Δ_{maks} dengan kemungkinan didapat nilai lebih kecil dari nilai Δ_{kritik} , maka jenis distribusi yang dipilih dapat digunakan (Bambang Triatmodjo, 2009).

Curah Hujan Rancangan (Periode Ulang)

Curah hujan rancangan adalah curah harian maksimum yang mungkin terjadi dalam periode waktu tertentu misal 5 tahunan, 10 tahunan, dan seterusnya. Prosedur menghitung curah hujan rancangan adalah sebagai berikut:

1. Mengubah data debit/hujan sebanyak n buah (X_1, X_2, \dots, X_n) menjadi data log ($\log X_1, \log X_2, \dots, \log X_n$).
2. Menghitung nilai rerata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan.
3. Mencari nilai K berdasarkan Tabel F1.
4. Mengalikan nilai K dengan Sd (standar deviasi), kemudian menjumlahkannya dengan nilai rerata.
5. Menghitung nilai antilog dari nilai yang didapat pada langkah sebelumnya.

Hujan Efektif

Hujan efektif merupakan perkalian antara hujan total dengan koefisien limpasan (c), yang ditunjukkan pada Persamaan 4.

$$P_{\text{eff}} = X_T \times c \quad (4)$$

dengan P_{eff} = hujan efektif, X_T = hujan rancangan dan C = koefisien limpasan.

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk memperkirakan debit puncak di daerah tangkapan yang kecil, hujan deras dengan durasi singkat yang jatuh di berbagai titik pada seluruh daerah tangkapan hujan dapat terkonsentrasi di titik kontrol yang ditinjau dalam waktu bersamaan yang dapat menghasilkan debit puncak (Suripin, 2004), ditunjukkan pada Persamaan 5.

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (5)$$

dengan T_c = waktu konsentrasi (jam), L = panjang sungai (km) dan S = kemiringan.

Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu tertentu. Penelitian ini menggunakan metode Mononobe yang disajikan pada Persamaan 6.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (6)$$

dengan I_t = intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam), t = lamanya curah hujan (jam) dan R_{24} = curah hujan maksimum selama 24 jam (mm).

Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan permukaan bebas. Pada saluran terbuka, tekanan di permukaan air di sepanjang saluran adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer.

Analisis aliran pada saluran terbuka lebih sulit jika dibandingkan dengan aliran melalui pipa (saluran tertutup). Hal ini dikarenakan variabel aliran yang tidak teratur baik terhadap ruang maupun waktu. Variabel tersebut meliputi tampang melintang, debit, kekasaran, kemiringan dasar, belokan dan sebagainya.

Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu (HSS Nakayasu)

HSS Nakayasu diambil dari nama penemunya yaitu Nakayasu yang melakukan pengamatan hidrograf pada beberapa sungai di Jepang pada tahun 1948. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan HSS Nakayasu mengikuti Persamaan 7 sampai dengan Persamaan 12.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A R_e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \quad (7)$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \quad (8)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 \cdot L \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \quad (9)$$

$$t_g = 0,21 \cdot L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \quad (10)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad (11)$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (12)$$

dengan Q_p = debit puncak banjir, A = luas DAS (km²), R_e = curah hujan efektif (1 mm), T_p = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf banjir (jam), $T_{0,3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir (jam),

t_g = waktu konsentrasi (jam), T_r = satuan waktu dari curah hujan (jam), α = koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2 dan L = panjang sungai utama (km).

HEC-RAS

Digunakan dalam menganalisis profil aliran dan arus balik. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi. Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, routine hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Analisis arus balik air menggunakan HEC-RAS, kemudian dilakukan pemetaan potensi wilayah tergenang dengan ArcGIS. Penelitian dilakukan di Kelurahan Sewu, Kecamatan Jebres, Kota Surakarta. Data yang digunakan adalah:

1. Peta digital Kota Surakarta dan sekitarnya skala 1:25000 yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Indonesia,
2. Peta DAS Pepe Hilir yang di peroleh dari Pusdataru,
3. Data geometri sungai dan anak-anak sungai pada lokasi penelitian,
4. Data hujan harian (mulai tahun 1997 sampai 2017) yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo,
5. Data koordinat stasiun hujan di wilayah Kota Surakarta dan sekitarnya.

Data di atas kemudian diolah dengan menggunakan beberapa perangkat digital yang terdiri dari:

1. Program Microsoft Word, untuk membantu penulisan skripsi,
2. Program Microsoft Excel, untuk pengolahan data hujan,
3. HEC-RAS 5.0.5, untuk pemodelan hidrolika,
4. Program ArcGIS 10.3, untuk mengolah peta digital.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit Banjir Rencana

Nilai debit banjir rencana hujan periode ulang dan hujan 3 harian maksimum tahunan diperoleh dengan perhitungan menggunakan metode HSS Nakayasu. Debit banjir rencana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Debit Banjir Rencana, Hasil Analisis

Hujan Periode Ulang (tahun)	Debit Banjir Rencana (m ³ /detik)
2	22,736
5	30,903
10	36,656
25	44,337
50	50,375
Hujan 3 Harian Maksimum Tahunan	Debit Banjir Rencana (m ³ /detik)
2004	41,584

Analisis Arus Balik

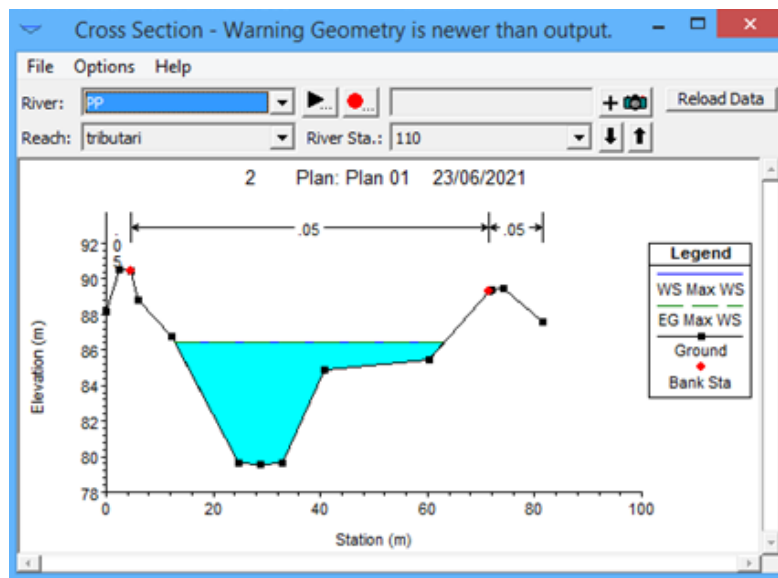
Hasil analisis arus balik menggunakan software HEC-RAS berupa gambar dan tabel pada penampang melintang dan penampang memanjang. Gambar penampang melintang dan penampang memanjang disajikan pada Gambar 1 sampai Gambar 4.

Sementara itu, deskripsi pintu air yang berada di hilir Kali Pepe dituliskan sebagai berikut:

1. Struktur penompang pintu air berada di tengah antara RS 61 dan RS 62
2. Jenis pintu air adalah pintu geser (sluice gate)
3. Jumlah pintu 3 buah, masing-masing berukuran lebar 2,5 m dan tinggi 5 m
4. Koefisien debit aliran melalui pintu adalah 0,6

Operasi buka-tutup pintu air mengikuti aturan sebagai berikut:

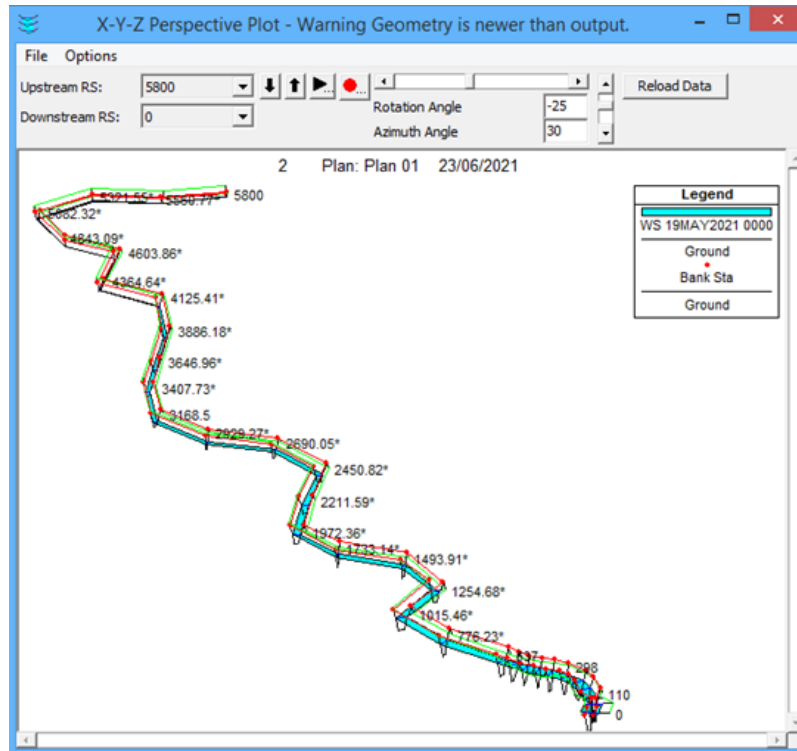
1. Urutan operasi pintu sebagai berikut: #2, #1, dan #3
2. Kecepatan buka-tutup adalah 0,1 m/menit
3. Pada awal simulasi, pintu #2 dibuka 1 m, pintu #1 dan #3 ditutup
4. Pintu #2 ditambah bukaannya jika elevasi muka air di hulu pintu melewati +81 m dan ditutup jika muka air di hulu pintu lebih rendah dari pada +80 m sampai bukaan minimum 0,4 m
5. Pintu #1 dibuka jika elevasi muka air di hulu pintu melewati +81,5 m dan ditutup sepenuhnya jika muka air di hulu pintu lebih rendah dari +80,5 m
6. Pintu #3 dibuka jika elevasi muka air di hulu pintu melewati +82 m dan ditutup sepenuhnya jika muka air di hulu pintu lebih rendah dari +81 m



Gambar 1. Penampang Melintang

Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	86.43		
Vel Head (m)	0.00	0.050	
W.S. Elev (m)	86.43	48.00	48.00
Crit W.S. (m)		155.32	
E.G. Slope (m/m)	0.000000	155.32	
Q Total (m3/s)	0.60	0.60	
Top Width (m)	50.29	50.29	
Vel Total (m/s)	0.00	0.00	
Max Chl Dpth (m)	6.88	3.09	
Conv. Total (m3/s)	6297.7	6297.7	
Length Wtd. (m)	48.00	53.80	
Min Ch El (m)	79.55	0.00	
Alpha	1.00	0.00	
Frctn Loss (m)	0.00	0.41	0.90
C & E Loss (m)		0.96	0.58

Gambar 2. Output Penampang Melintang



Gambar 3. X-Y-Z Perspective Plot

Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan: 2 River: PP Reach: tributari Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
tributari	5800	Max WS	3.53	88.54	91.87		91.87	0.000010	0.11	36.72	19.50	0.02
tributari	5560.77*	Max WS	2.88	88.16	91.87		91.87	0.000003	0.07	46.26	22.13	0.01
tributari	5321.55*	Max WS	11.71	87.77	101.98		101.98	0.000000	0.05	320.06	26.12	0.00
tributari	5082.32*	Max WS	1.31	87.38	91.87		91.87	0.000000	0.02	69.09	27.42	0.00
tributari	4843.09*	Max WS	0.40	87.00	91.87		91.87	0.000000	0.01	82.35	30.07	0.00
tributari	4603.86*	Max WS	-0.60	86.62	91.87		91.87	0.000000	-0.01	96.83	32.72	0.00
tributari	4364.64*	Max WS	0.20	86.23	89.32		89.32	0.000000	0.00	39.60	18.75	0.00
tributari	4125.41*	Max WS	16.41	85.84	90.88		90.88	0.000019	0.18	92.37	34.79	0.03
tributari	3886.18*	Max WS	4.60	85.46	90.88		90.88	0.000001	0.04	107.92	37.61	0.01
tributari	3646.96*	Max WS	3.08	85.07	86.37		86.37	0.000147	0.23	13.66	14.73	0.07
tributari	3407.73*	Max WS	3.06	84.69	86.36		86.36	0.000045	0.15	20.42	16.60	0.04
tributari	3168.5	Max WS	16.48	84.30	86.44		86.46	0.000444	0.55	29.80	18.76	0.14
tributari	2929.27*	Max WS	3.30	83.92	86.63		86.63	0.000006	0.08	42.64	21.26	0.02
tributari	2690.05*	Max WS	3.05	83.53	86.43		86.43	0.000004	0.06	48.64	22.59	0.01
tributari	2450.82*	Max WS	2.92	83.15	86.43		86.43	0.000002	0.05	59.72	24.54	0.01
tributari	2211.59*	Max WS	2.77	82.76	86.43		86.43	0.000001	0.04	71.85	26.50	0.01
tributari	1972.36*	Max WS	2.58	82.38	86.43		86.43	0.000001	0.03	85.05	28.47	0.01
tributari	1733.14*	Max WS	2.37	81.99	86.43		86.43	0.000000	0.02	99.33	30.45	0.00
tributari	1493.91*	Max WS	2.16	81.61	86.43		86.43	0.000000	0.02	114.65	32.43	0.00
tributari	1254.68*	Max WS	1.93	81.22	86.43		86.43	0.000000	0.01	131.02	34.42	0.00
tributari	1015.46*	Max WS	1.69	80.84	86.43		86.43	0.000000	0.01	148.46	36.41	0.00
tributari	776.23*	Max WS	1.44	80.45	86.43		86.43	0.000000	0.01	167.00	38.53	0.00
tributari	537	Max WS	1.17	80.06	86.43		86.43	0.000000	0.01	186.61	40.75	0.00
tributari	490	Max WS	1.12	79.60	86.43		86.43	0.000000	0.01	193.43	43.36	0.00
tributari	443	Max WS	1.06	79.76	86.43		86.43	0.000000	0.01	199.72	45.69	0.00
tributari	395	Max WS	1.00	79.58	86.43		86.43	0.000000	0.01	164.83	45.15	0.00
tributari	351	Max WS	0.94	79.04	86.43		86.43	0.000000	0.00	211.15	49.33	0.00
tributari	298	Max WS	0.87	78.63	86.43		86.43	0.000000	0.00	209.86	49.30	0.00
tributari	235	Max WS	0.78	78.52	86.43		86.43	0.000000	0.00	209.77	51.49	0.00
tributari	182	Max WS	0.70	78.87	86.43		86.43	0.000000	0.00	172.72	47.93	0.00
tributari	110	Max WS	0.60	79.55	86.43		86.43	0.000000	0.00	155.32	50.29	0.00
tributari	62	Max WS	0.56	79.00	86.43	79.07	86.43	0.000000	0.01	74.31	10.00	0.00
tributari	61.5	Inl Struct										
tributari	61	Max WS	11.03	78.20	86.38		86.38	0.000002	0.07	178.42	57.58	0.01
tributari	0	Max WS	11.01	78.20	86.38		86.38	0.000002	0.07	178.40	57.57	0.01

Total flow in cross section.

Gambar 4. Output Penampang Memanjang

Dari hasil analisis arus balik yang dilakukan dengan HEC-RAS, terlihat bahwa keberadaan pintu air ini mampu menanggulangi permasalahan banjir yang selama ini terjadi. Tinggi muka air dari Sungai Bengawan Solo mampu ditahan masuk ke Kali Pepe.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit banjir rencana hujan periode ulang adalah $Q_2 = 22,736 \text{ m}^3/\text{detik}$, $Q_5 = 30,903 \text{ m}^3/\text{detik}$, $Q_{10} = 36,656 \text{ m}^3/\text{detik}$, $Q_{25} = 44,337 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan $Q_{50} = 50,375 \text{ m}^3/\text{detik}$. Sedangkan nilai debit banjir rencana hujan 3 harian maksimum tahunan adalah $41,584 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Terjadi *backwater* berdasarkan analisis yang dilakukan dengan HEC-RAS pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Akan tetapi mampu tertangani dengan adanya pintu air.

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, Bambang. 2009. Hidrologi Terapan Cetakan Kedua. Yogyakarta: Beta Offset
- Triatmodjo, Bambang. 1992. Metode Numerik. Yogyakarta: Beta Offset
- Pangestu, Lanaria. 2017. Analisis *Backwater* Di Sekitar Pertemuan Kali Anyar Surakarta dengan Sungai Bengawan Solo. Skripsi. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
- Fauziyyah, A.L. 2014. *Backwater* Pada Sungai Dengkeng Berdasarkan Metode Tahapan Langsung. Skripsi. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
- Istiarto. 2018. Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan HECRAS. Bahan Kuliah. Yogyakarta
- Jadmiko, Sigit. Rintis Hadiani dan Agus Prijadi Saido. 2013. Banjir Tahunan Sub Daerah Aliran Sungai Bengawan SoloHulu 3 dengan Sistem Informasi Geografis. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret
- Kamiana, I. Made. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Kurniawan, Fendika Titok. 2015. Analisis Arus Balik pada Saluran Drainase Primer Gayam Kabupaten Kulon Progo dengan Metode Integrasi Numerik. Skripsi. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
- SNI 2415:2016. Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana
- Soemarto. 1987. Hidrologi Teknik. Surabaya: Usaha Nasional
- Wardanu, H.S. 2016. Penelusuran Banjir Dengan Metode Numerik Daerah Aliran Sungai Ngunggahan Wonogiri. Skripsi. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
- Wibisono, Chandra. 2015. Analisis Arus Balik Air pada Saluran Drainase Primer Ngestiharjo dan Karangwuni Kabupaten Kulon Progo. Skripsi. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
- Wilson, E. M. 1993. Hidrologi Teknik. Bandung: ITB