



**SIMULASI BUKAAN PINTU BENDUNGAN WLINGI RAYA BLITAR  
UNTUK PENGENDALIAN BANJIR**

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**Anis Roviqoh  
NIM 161910301158**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**



**SIMULASI BUKAAN PINTU BENDUNGAN WLINGI RAYA BLITAR  
UNTUK PENGENDALIAN BANJIR**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Sarjana Teknik  
Pada Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

Oleh

**Anis Roviqoh  
NIM 161910301158**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**

## PERSEMBAHAN

Dengan kerendahan hati yang tak terhingga, kuhaturkan rasa syukur kepada Allah SWT. yang Maha di atas segala Maha.

Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

1. Bapak Sudjarno, Ibu Zuliana, saudara-saudara adik dan kakakku Eka Nuri Lutviani terima kasih atas dukungan, kasih sayang, kesabaran, ketulusan dan doa yang senantiasa diperuntukkan kepada saya selama ini.
2. Dosen pembimbing skripsi Bapak Dr. Gusfan Halik S.T.,M.T. dan Bu Retno Utami Agung Wiyono, S.T.,M.Eng., Ph.D yang telah membimbing saya dengan penuh kesabaran.
3. Dosen-dosen Teknik Sipil Universitas Jember, yang telah memberikan ilmu dan motivasi selama ini.
4. Teman-teman seangkatan Teknik Sipil dan seperjuangan 2016 yang saling memberikan dukungan, bantuan dan doanya.
5. Sahabat-sahabat yang telah menjadi keluarga, dan juga slalu membantu dan memberikan dukungan Nala Padestara, Lilis Noviasari, Triescha Wahyu, Riska Noviana, Febri Nur, Bima S selaku Bidang Hidrologi dan juga dari bidang Manajemen Kontruksi Firdha Ulfa, Nizar Aulia, M.Husnil Ibad, Yohandri Walidi, dan Prasetiawan Rosani.
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan, terima kasih telah menjadi jalan saya menuju masa depan.

**MOTTO**

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah ‘’

(HR.Turmudzi)

“Sebaik-baiknya kamu adalah orang yang belajar Al-Qur’an dan yang mengajarkannya.

(HR.Bukhari)

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”

(Al-Baqarah: 216)

***“Man Jadda Wa Jadda”***

Barang siapa yang bersungguh-sungguh akan mendapatkannya

Janganlah membanggakan dan meyombongkan diri apa-apa yang kita peroleh, turut dan ikutilah ilmu padi makin berisi makin tunduk dan makin bersyukur kepada yang menciptakan kita Allah SWT.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Anis Roviqoh

NIM : 161910301158

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul:

**“Simulasi Bukaan Pintu Bendung Wlingi Raya Blitar Untuk Pengendalian Banjir”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2018

Yang menyatakan

Anis Roviqoh

NIM 161910301158

**SKRIPSI**

**SIMULASI BUKAAN PINTU BENDUNGAN WLINGI RAYA BLITAR  
UNTUK PENGENDALIAN BANJIR**

Oleh

Anis Roviqoh

NIM. 16191301158

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dr.Gusfan Halik S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Retno Utami Agung Wiyono, S.T., M.Eng.,Ph.D

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Simulasi Buka-an Pintu Bendungan Wlingi Raya Blitar Untuk Pengendalian Banjir” telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 17 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Gusfan Halik S.T., M.T.

NIP. 19710804 199803 1 002

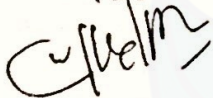
Pembimbing Anggota



Retno Utami AW. S.T., M.Eng., Ph.D

NIP. 760017219

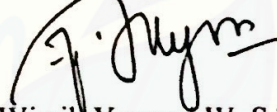
Penguji 1



Indra Nurtjahjaningtyas, ST. MT

NIP.19701024 199803 2 001

Penguji 2



Wiwik Yunarni W. S.T., M.T

NIP. 19700613 199802 2 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Jember



Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM

NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

Simulasi Bukaan Pintu Bendungan Wlingi Raya Blitar Untuk Pengendalian Banjir. Anis Roviqoh 161910301158 ; 2018; 43 halaman; Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Bendungan atau waduk adalah infrastruktur untuk pengendalian banjir. Bendungan Wlingi Raya dilengkapi dengan bangunan *spillway* yang berperan penting terhadap operasi bendungan. Agar tidak terjadi kerusakan pada bendungan perlu adanya studi simulasi bukaan pintu. Bendungan Wlingi Raya Blitar memiliki fungsi sebagai pengendali debit banjir, *Spillway* pada bendungan Wlingi Raya dapat mengalirkan debit *Outflow* sebesar 2.370 m<sup>3</sup>/det dengan debit *Inflow* sebesar 2.825 m<sup>3</sup>/det. Pada Bendungan Wlingi Raya terdapat 4 pintu pelimpah dan penggerak yang terdiri dari 3 pintu radial dan 1 pintu berfungsi penangkap sampah. Pengaturan penurunan muka air waduk dilakukan dengan membuka pintu *Spillway*. Dengan ketentuan bukaan pintu *Spillway* pintu 2 dan pintu 3 dibuka bersamaan, kemudian pintu 1 dan 4. Selisih bukaan pintu 2 dan pintu 3 dengan pintu 1 dan pintu 4 tidak boleh > 1 meter. Pelimpah / *Spillway* yang memiliki kapasitas pintu *Spillway* 2824 m<sup>3</sup>/det ( untuk periode 200 tahun). Simulasi bukaan pintu menggunakan debit inflow jam-jaman pada masing-masing pintu dalam routing banjir untuk periode tahun 2013-2017. Perhitungan banjir yang melewati waduk dengan bangunan pelimpah untuk mengetahui elevasi waduk dan debit keluar maksimum. Berdasarkan data awal bukaan pintu di Bendungan Wlingi Raya, diketahui debit tertinggi selama 5 tahun terjadi pada tahun 2013. Nilai debit tertinggi pada tahun 2013 tersebut adalah sebesar 699,26 m<sup>3</sup>/detik dengan acuan elevasi normal sebesar 163,50 m. Dari data tahun 2013 tersebut dibuat simulasi bukaan pintu' tahap pertama ialah dibukanya pintu 2 dan 3 dengan elevasi muka air mencapai 163,84 m. Untuk menurunkan elevasi muka air tersebut perlu ditambah bukaan pintu 1 dan 4 sehingga elevasi pada keempat pintu ialah 163,55 m. Dengan dibuknya keempat pintu ini, maka elevasi muka air mendekati elevasi normal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Bendungan Wlingi Raya pada tahun 2013 tidak pernah mengalami *overtopping*.



## SUMMARY

Simulation of Spillway Gates Operation Wlingi Raya Blitar for Flood Controlling;  
Anis Roviqoh 161910301158; 2018; 42 pages; Departement of Civil Engineering;  
Faculty of Engineering; University of Jember.

Dams or reservoirs are the infrastructure for flood control. Wlingi Raya Dam is equipped with spillway buildings that play an important role in dam operations. In order to avoid damage to the dam, it is necessary to study the simulations on the opening and closing of the gate. Wlingi Raya Blitar Dam has a function as a flood discharge controller, Spillway on Wlingi Raya dam can flow Outflow discharge of  $2,370 \text{ m}^3 / \text{s}$  with inflow discharge of  $2,825 \text{ m}^3 / \text{s}$ . At Bendungan Wlingi Raya there are 4 spillway gates and drives consisting of 3 radial gates and 1 gate function trash catcher. The reservoir water reservoir adjustment is done by opening of Spillway gate. Provided that gate openings of Spillway gates 2 and 3 are opened simultaneously, then gates 1 and 4. Differences of gate openings 2 and door 3 with gate 1 and gate 4 should not be  $> 1$  meter. Spillway with Spillway door capacity of  $2824 \text{ m}^3 / \text{s}$  (for desain period of 200 years). The gate opening simulation uses the hourly inflow inflow on each door in the flood routing for the period of 2013-2017. Calculations of floods that pass through reservoirs with spillway buildings to know the elevation of the reservoir and the maximum outflow. Based on preliminary openings at Wlingi Raya Dam, the highest discharge for 5 years occurred in 2013. The highest discharge value in 2013 was  $699,26 \text{ m}^3 / \text{sec}$  with a normal elevation reference of 163.50 m. From the data of 2013 the simulation of opening of the gate first step is opening of gates 2 and 3 with water level reaches 163,84 m. To lower the water level it is necessary to increase the opening of gates 1 and 4 so that the elevation on all fours gates is 163.55 m. With the opening of these four gates, the water level approaches the normal elevation. So it can be concluded that the Wlingi Raya Dam in 2013 has never experienced overtopping.

## PRAKATA

Puji syukur Allah SWT, atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Simulasi Bukaan Pintu Bendung Wlingi Raya Untuk Pengendalian Banjir**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesaikannya penyusunan skripsi ini tidak luput dari peranan berbagi pihak yang telah membantu. Adapun ucapan terima kasih yang penulis sampaikan kepada beberapa pihak, yaitu :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir Hernu Suyono, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama dan Retno Utami Agung Wiyono , S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna terselesaikannya skripsi ini.
4. Firda Lutfiatul Fitria S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memeberikan pengarahan dan bimbingan kepada Penulis.
5. Dan kepada kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan baik secara moril maupun materiil, hingga terselesaikannya skripsi ini.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, 17 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>LEMBAR PEMBIMBING</b> .....	<b>vi</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ix</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Manfaat .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Banjir.....	4
2.2 Hidrograf Banjir .....	4
2.2.1 Karakteristik Hidrograf Satuan .....	5

2.2.2	Penurunan Hidrograf Satuan .....	5
2.2.3	Hidrograf Satuan Sintetis .....	6
2.3	Waduk .....	6
2.4	Kapasitas Tampunguan Waduk .....	7
2.5	Penulusuran Tampunguan Waduk .....	8
2.5.1	Penelusuran Banjir Lewat Palung Sungai .....	8
2.5.2	Penelusuran Banjir Lewat Waduk .....	10
2.6	Pintu Pengendali Banjir .....	10
2.7	Peneliti Terdahulu .....	12
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI .....</b>	<b>14</b>
3.1	Lokasi Studi .....	14
3.2	Tahapan Penelitian .....	15
3.3.1	Survei Pendahuluan .....	15
3.3.2	Studi Literatur .....	15
3.3.3	Pengumpulan Data .....	15
3.3.4	Analisis Data .....	16
3.3	Bagan Alir Penelitian .....	18
3.4	Bagan Alir Simulasi Bukaan Pintu .....	19
<b>BAB 4.</b>	<b>PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
4.1	Kapasitas Tampunguan Waduk .....	20
4.2	Flood Routing (Penelusuran Banjir Lewat Waduk) .....	21
4.3	Penelusuran Banjir Lewat Waduk dengan Bangunan Pelimpah 2013 .....	24
4.4	Penelusuran Banjir Lewat Waduk dengan Bangunan Pelimpah 2014 .....	26
4.5	Penelusuran Banjir Lewat Waduk dengan Bangunan	

Pelimpah 2015 .....	28
4.6 Penelusuran Banjir Lewat Waduk dengan Bangunan	
Pelimpah 2016.....	30
4.7 Penelusuran Banjir Lewat Waduk dengan Bangunan	
Pelimpah 2017 .....	32
4.8 Hasil Kurva Tertinggi selama 5 tahun .....	34
4.9 Perhitungan Debit Limpasan Pintu .....	36
4.9.1 Pintu Radial ( <i>Radial Gate</i> ) .....	34
4.10 Cara Operasi Pintu .....	37
4.10.1 Hasil Simulasi Bukaan Pintu .....	40
4.10.2 Hasil Simulasi Bukaan Pintu Bangunan Pelimpah .....	42
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Peneliti Terdahulu .....	12
Tabel 4.1 Hubungan Elevasi-Tampungan-Debit .....	20
Tabel 4.2 Penelusuran Banjir Lewat Waduk .....	23
Tabel 4.2 Penelusuran Banjir Lewat Waduk Bangunan Pelimpah $\Delta t = 1$ jam tahun 2013 .....	23
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Debit Masuk terhadap Elevasi Muka Air tahun 2013 .....	25
Tabel 4.4 Penelusuran Banjir Lewat Waduk Bangunan Pelimpah $\Delta t = 1$ jam tahun 2014 .....	26
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Debit Masuk terhadap Elevasi Muka Air tahun 2014 .....	27
Tabel 4.6 Penelusuran Banjir Lewat Waduk Bangunan Pelimpah $\Delta t = 1$ jam tahun 2015 .....	28
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Debit Masuk terhadap Elevasi Muka Air tahun 2015 .....	29
Tabel 4.8 Penelusuran Banjir Lewat Waduk Bangunan Pelimpah $\Delta t = 1$ jam tahun 2016 .....	30
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Debit Masuk terhadap Elevasi Muka Air tahun 2016 .....	31
Tabel 4.10 Penelusuran Banjir Lewat Waduk Bangunan Pelimpah $\Delta t = 1$ jam tahun 2017 .....	32
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Debit Masuk terhadap Elevasi Muka Air tahun 2017 .....	33
Tabel 4.12 Tahapan Operasi Pintu dengan Indikator Muka Air Normal .....	37
Tabel 4.13 Hasil Simulasi Bukaan Pintu .....	39

Tabel 4.14 Tinggi bukaan diatas elevasi muka air normal .....	40
Tabel 4.15 Hasil Simulasi bukaan pintu pelimpah untuk melimpaskan debit puncak outflow tertinggi .....	42



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.2 Komponen Dasar Pola Pengoperasian Waduk Berpintu .....	11
Gambar 3.1 Lokasi Waduk Wlingi Raya dan Peta Sebaran.....	14
Gambar 3.2 Lokasi Bendung Wlingi Raya Blitar .....	14
Gambar 3.3 Bagan alir Penelitian .....	18
Gambar 3.4 Bagan Alir Simulasi Bukaan Pintu .....	19
Gambar 4.1 Grafik Kurva H-V Waduk Wlingi .....	20
Gambar 4.2 Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow Bangunan Pelimpah 2013 .....	24
Gambar 4.3 Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow Bangunan Pelimpah 2014 .....	26
Gambar 4.4 Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow Bangunan Pelimpah 2015 .....	29
Gambar 4.5 Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow Bangunan Pelimpah 2016 .....	31
Gambar 4.6 Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow Bangunan Pelimpah 2017 .....	33
Gambar 4.7 Hubungan debit terbesar yang terjadi setiap tahun .....	34
Gambar 4.8 Hubungan EMAW terhadap bukaan pintu .....	35





## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A.1 Perhitungan routing banjir bentang
- Lampiran A.1.1 Perhitungan routing banjir bentang 10,60 m
- Lampiran A.1.2 Perhitungan routing banjir pada bentang 21,20 m
- Lampiran A.1.3 Perhitungan routing banjir pada bentang 31,80 m
- Lampiran A.1.4 Perhitungan routing banjir pada bentang 42,40 m
- Lampiran B Kapasitas Tampungan Waduk
- Lampiran B.1 Penelusuran Banjir Waduk
- Lampiran B.1.1 Penelusuran banjir melalui waduk tahun 2013
- Lampiran B.1.2 Penelusuran banjir melalui waduk tahun 2014
- Lampiran B.1.3 Penelusuran banjir melalui waduk tahun 2015
- Lampiran B.1.4 Penelusuran banjir melalui waduk tahun 2016
- Lampiran B.1.5 Penelusuran banjir melalui waduk tahun 2017
- Lampiran B. Hidrograf banjir
- Lampiran B. Hidrograf 2013
- Lampiran B Hidrograf 2014
- Lampiran B Hidrograf 2015
- Lampiran B Hidrograf 2016
- Lampiran B Hidrograf 2017
- Lampiran C Perhitungan debit pintu radial

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan aliran air yang relatif tinggi dan tidak tertampung oleh sungai atau saluran. Banjir dapat terjadi karena ketidakmampuan suatu bangunan air dalam menampung volume air yang berlebihan sehingga menyebabkan air yang tertampung terjadi peluapan (Kodotie,2013). Dampak adanya banjir dapat berakibat pada runtuh atau rusaknya bangunan air. Salah satu bangunan yang dapat digunakan sebagai pengontrol banjir yaitu bendungan.

Bendungan adalah bangunan air yang berfungsi untuk menahan dan menampung air. Fungsi lain dari bangunan bendungan yaitu sebagai penampung lumpur sehingga terbentuk waduk (SNI 8062-2015). Salah satu bagian dari bendungan adalah bangunan pelimpah yang digunakan untuk mengalirkan air banjir yang masuk ke dalam waduk, agar tidak membahayakan keamanan bendungan.

Bendungan Wlingi Raya dilengkapi dengan bangunan *spillway* yang berperan penting terhadap operasi waduk. Bangunan *spillway* digunakan untuk menahan semua atau sebagian air banjir dalam tampungan. Selain itu juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) di wilayah Lodoagung Blitar dan Tulungagung. Pada bendungan Wlingi Raya terdapat 4 pintu pelimpah dan penggerak yang terdiri dari 3 pintu radial dan 1 pintu penangkap sampah. Ketentuan dalam pengaturan penurunan muka air waduk yaitu pintu 1 dan 4 serta pintu 2 dan 3 dibuka secara bersamaan. Selisih bukaan pintu 2 dan 3 jika dibandingkan dengan pintu 1 dan 4 besarnya tidak boleh  $> 1$  meter. *Spillway* di bendungan Wlingi Raya dapat mengalirkan debit *Outflow* sebesar  $2.370 \text{ m}^3/\text{det}$  dengan debit *Inflow* sebesar  $2.825 \text{ m}^3/\text{det}$ .

Salah satu upaya pengendalian banjir yaitu menggunakan simulasi bukaan pintu yang berfungsi untuk menjaga tinggi muka air agar tetap pada kondisi elevasi normal. Menurut Hidayaturrohmah (2017) kenaikan tinggi muka air  $< 50$  cm maka pengoperasian menggunakan pintu condong dan bila kenaikan  $> 50$  cm

maka pengoperasian pintu menggunakan pintu radial. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kenaikan muka air, maka bukaan pintu dinaikan sesuai dengan tinggi muka air, agar tidak terjadinya *overtopping*. Mengingat peran pentingnya Bendungan Wlingi Raya Blitar untuk pengendalian banjir yang dilengkapi dengan pintu *spillway* yang berfungsi menurunkan tinggi muka air banjir, maka perlu dilakukan studi perencanaan simulasi bukaan pintu bendung agar permasalahan dapat diselesaikan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diambil suatu rumusan masalah yaitu: Bagaimana simulasi bukaan pintu Bendungan Wlingi Raya untuk pengendalian banjir?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui operasi pintu pengendali banjir yang optimal di Bendungan Wlingi Raya, yang dilakukan dengan simulasi pola bukaan pintu bendungan.

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam studi ini antara lain :

1. Simulasi pola operasi pintu untuk periode tahun 2013-2017.
2. Tidak membahas pengaruh sedimentasi terhadap simulasi pola operasi pintu.

### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat yang dilakukan dari studi ini sebagai masukan kepada instansi yang berkepentingan dalam merencanakan bukaan pintu di Bendungan Wlingi Raya untuk pengendalian banjir.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Banjir

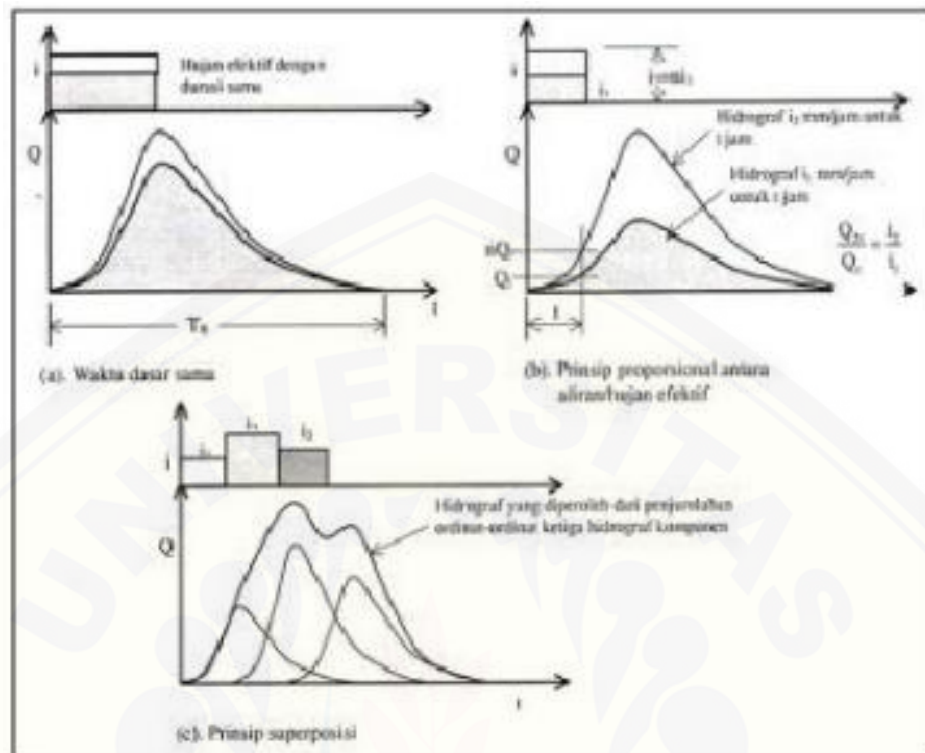
Banjir adalah peristiwa meluapnya air yang menggenangi permukaan tanah, dengan ketinggian melebihi batas normal. Banjir umumnya terjadi pada saat aliran air melebihi volume air yang dapat ditampung dalam sungai, danau, rawa, drainase, tanggul, maupun saluran air lainnya pada selang waktu tertentu (Rahayu dkk. 2009).

Banjir dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor antara lain faktor iklim dan faktor fisik wilayah tersebut. Faktor utama terjadinya banjir adalah faktor iklim, yaitu hujan. Curah hujan yang tinggi mengakibatkan terutama terjadinya banjir. Banjir tidak akan terjadi bila permukaan yang terkena hujan mampu meresapkan air dengan baik, sehingga menurunkan jumlah air hujan yang langsung mengalir melalui permukaan (Adiningsih, 1998 dalam Sariwulan dkk 2000).

Upaya pengendalian banjir meliputi beberapa alternatif diantaranya secara struktural dan nonstruktural. Upaya struktural terdiri dari tanggul, perbaikan saluran, waduk dan upaya non struktural dalam bentuk perbaikan tata guna lahan. Pembuatan waduk pengendali banjir direkomendasikan berdasarkan pertimbangan kecocokan topografi yang umumnya dibangun di bagian hulu dari DAS (Ganoulis, 2003).

### 2.2 Hidrograf Banjir

Hidrograf adalah suatu grafik yang menggambarkan hubungan antara debit dengan waktu. Hasil yang diperoleh dari grafik tersebut adalah sebuah lengkung hidrograf. Komponen-komponen yang merupakan sumber-sumber penyebab pengaliran diantaranya : aliran permukaan (*surface runoff*), aliran bawah tanah (*sub surface flow*), aliran air tanah (*groundwater flow*), air yang berasal langsung dari hujan (*channel precipitation*) (Linsley,1996)



Gambar prinsip-prinsip Hidrograf sumber Suripin (2003)

Hidrograf satuan pengamatan merupakan hidrograf yang menggambarkan rangkaian kejadian curah hujan yang hanya menghasilkan satu curah hujan efektif dalam satuan waktu, yang dapat diturunkan dari data hujan terpisah dengan intensitas merata atau hujan periode tunggal. Namun demikian, hal tersebut sangat jarang terjadi, yang banyak terjadi adalah hujan dengan periode kompleks, yaitu curah hujan yang dihasilkan lebih dari satu periode. Hidrograf pengamatan yang dimaksud adalah hidrograf banjir yang merupakan hidrograf debit (*discharge hidrograf*), yaitu grafik hubungan antara debit terhadap waktu, yang didapat dari konversi hidrograf muka air (Sherman, 1996)

### 2.2.1 Karakteristik Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan adalah suatu hidrograf tipikal untuk daerah aliran yang bersangkutan. Disebut hidrograf satuan karena, untuk penyederhanaan, volume limpasan di bawah hidrograf tersebut biasanya disesuaikan dengan 1 cm

(atau 1 mm atau 1 inci) kedalaman ekuivalen di atas daerah aliran yang bersangkutan (Linsley, 1996).

Menurut Soemarto (1987) hidrograf satuan memiliki sifat khusus untuk suatu daerah aliran tertentu, ini menunjukkan adanya efek terpadu dari sifat dan bentuk permukaan daerah aliran terhadap penelusuran hujan melalui daerah tangkapannya. Untuk mendapatkan hidrograf satuan dari suatu daerah aliran tertentu diperlukan adanya pencatatan debit. Prinsip-prinsip hidrograf satuan dapat diterapkan untuk memperkirakan banjir rencana, mengisi data banjir yang hilang dan meramal banjir jangka pendek yang didasarkan atas curah hujan yang tercatat.

#### 2.2.2 Penurunan Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan paling baik diturunkan dari hidrograf hujan yang intensitasnya cukup seragam, panjang durasinya seperti yang diinginkan, dan volume limpasannya relatif besar. Langkah pertama adalah memisahkan aliran dasar dari limpasan langsung. Kemudian volume limpasan langsung ditentukan, dan limpasan langsung dibagi dengan kedalaman limpasan yang diamati. Ordinat-ordinat yang disesuaikan membentuk satu hidrograf satuan (Linsley, 1996).

### 2.3 Waduk

Waduk adalah tampungan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendungan (PP No 37 Tahun 2010 dalam Kodoatie, 2013).

Waduk dapat menampung air yang memiliki efek terhadap aliran air di hilir waduk. Dengan kata lain waduk dapat mengubah pola inflow-outflow hidrograf. Perubahan outflow hidrograf di hilir waduk biasanya menguntungkan terhadap pengendalian banjir yang lebih kecil dan adanya perlambatan banjir. Pengendalian banjir dengan waduk biasanya hanya dapat dilakukan pada bagian hulu dan biasanya dikaitkan dengan pengembangan sumber daya air (Kodoatie, 2013).

Pengendalian banjir menggunakan waduk hanya dapat dilakukan di bagian hulu, yang perlu diperhatikan dalam upaya pengendalian banjir dengan waduk adalah perlambatan waktu tiba banjir, penurunan debit banjir yang dilepas ke hilir

dan rasio alokasi volume waduk untuk pengendalian banjir terhadap volume untuk pengembangan dan pengelolaan sumber daya air (Kodoatie, 2013).

Fungsi waduk sebagai pengendali banjir harus didesain/dilengkapi dengan pintu pengendali banjir agar mendapat manfaat yang lebih besar. Dengan pintu pengendali banjir penurunan debit banjir dihilir waduk akan lebih besar atau perubahan inflow dan outflow hidrograf banjir yang besar (Kodoatie, 2013).

#### 2.4 Kapasitas Tampungan Waduk

Menurut Priyantoro dalam Arum (2011) kapasitas tampungan waduk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan luas genangan pada waduk tersebut. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$A = 0,25 H^{0,6} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

A = Luas genangan (km<sup>2</sup>)

H = Tinggi Air (m)

Perhitungan luas rerata tiap ketinggian elevasi dikaitkan dengan selisih tinggi antara elevasi luasan kedua. Dengan mengambil nilai rerata luas genangan pada setiap interval dan mengkalikannya dengan beda tinggi di tiap-tiap interval, maka akan didapatkan volume tampungan waduk di tiap-tiap interval elevasi. Volume tiap interval dihitung dengan rumus (Priyantoro dalam Arum 2011) :

$$V_n = \frac{A_1+A_2}{2} \times H_n \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

V<sub>n</sub> = Volume pada interval n (m<sup>3</sup>)

A<sub>1</sub> = Luas genangan pada elevasi 1 (m<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub> = Luas genangan pada elevasi 2 (m<sup>2</sup>)

H<sub>n</sub> = Beda tinggi pada interval (antara elevasi 1 dan 2) (m)



## 2.5 Penelusuran Banjir Waduk

Penelusuran banjir merupakan prakiraan hidrograf di suatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain. Hidrograf banjir dapat ditelusuri lewat palung sungai atau waduk (Soemarto,1993).

### 2.5.1. Penelusuran Banjir Lewat Palung Sungai

Cara penelusuran banjir yang akan dibahas menggunakan cara Muskingum, yang hanya berlaku dalam kondisi sebagai berikut :

- I. Tidak ada anak sungai yang masuk ke dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau.
- II. Penambahan atau kehilangan air oleh curah hujan, aliran masuk atau keluar air tanah dan evaporasi.

Untuk merumuskan persamaan kontinuitas, waktu  $t$  harus dibagi menjadi periode-periode  $\Delta t$  yang lebih kecil, yang dinamakan periode penelusuran (*routing periode*). Periode penelusuran ini harus dibuat lebih kecil dari waktu tempuh dalam bagian memanjang sungai tersebut, sehingga selama penelusuran  $\Delta t$  tersebut, puncak banjirnya tidak dapat menutup bagian memanjang sungai secara menyeluruh.

Persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut :

$$I - Q = \frac{dS}{dt}$$

Dengan :

$I$  = debit yang masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai yang ditinjau ( $m^3/det$ )

$Q$  = debit yang keluar dari akhir bagian memanjang palung sungai yang ditinjau ( $m^3/det$ )

$S$  = besarnya tampungan (*stronge*) dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau ( $m^3$ )

$dt$  = periode penelusuran (detik, jam atau hari)

Jika periode penelusurannya diubah dari  $dt$  menjadi  $\Delta t$

Maka

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

$$Ds = s_1 - s_2$$

$\Delta S$  adalah perubahan tampungan air di waduk

Persamaan kontinuitas pada periode  $\Delta t = t_2 - t_1$  adalah :

$$\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right) \cdot \Delta t - \left(\frac{Q_1 + Q_2}{2}\right) \cdot \Delta t = S_2 - S_1 \dots\dots\dots (2.3)$$

### 2.5.2 Penulusuran Banjir Lewat Waduk

Menurut Soemarto ( 1986 ) untuk mengetahui perubahan inflow dan outflow pada waduk penelusuran banjir melalui waduk dengan menggunakan persamaan kontinuitas sebagai berikut :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + \left( S_1 - \frac{Q_1}{2} \Delta t \right) = \left( S_2 + \frac{Q_2}{2} \Delta t \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

Atau

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \left( \frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} \right) = \left( \frac{S_2}{\Delta t} + \frac{Q_2}{2} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Menurut Soemarto, (1986) jika

$$\frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} = \psi_1 \dots\dots\dots (2.6)$$

dan

$$\frac{S_2}{\Delta t} + \frac{Q_2}{2} = \psi_2 \text{ maka persamaan kontinuitas menjadi } \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \psi_1 = \psi_2 \dots\dots\dots (2.8)$$

$I_1$  dan  $I_2$  diperoleh dari hidrograf inflow waduk.  $S_1$  adalah tampungan waduk pada periode penelusuran yang diukur dari puncak bangunan pelimpah.  $Q_1$  adalah debit outflow yang keluar pada permulaan periode penelusuran. Fasilitas pengeluarannya berupa bangunan pelimpah ( *spillway* ), maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = C B H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

C = koefisien debit bangunan pelimpah (  $1,7 - 2,2^{\frac{3}{2}}$  m/dtk )

B = panjang ambang bangunan pelimpah ( m )

H = tinggi energi bangunan pelimpah

$$= h + \frac{a v^2}{2g}$$

h = tinggi air di atas ambang bangunan pelimpah ( m )

$\alpha$  = koefisien pembagian kecepatan aliran

v = kecepatan rata-rata aliran di depan ambang bangunan pelimpah ( m/detik )

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/detik<sup>2</sup>

## 2.6 Pintu Pengendali Banjir

Waduk yang dilengkapi pintu pengendali banjir disebut dengan waduk yang mempunyai *spillway* dengan *crest* tidak tetap (Kodoatie, 2013).

Pintu pengendali banjir berfungsi untuk mengatur debit air yang akan dilepas dari waduk sehubungan dengan kepentingan pengendalian banjir. Oleh karena itu yang perlu diperhatikan adalah dimensi pintu dan cara pengoperasian pintu pengendali banjir. Untuk menjaga keandalan dalam operasi pintu pengendali banjir, umumnya cara pengoperasiannya adalah otomatis dan dilengkapi operasi manual (Kodoatie, 2013).

Rumus debit pengaliran pada *spillway* memakai pintu adalah sebagai berikut:

$$Q = C_d \cdot B \cdot a \cdot \sqrt{(2ghi)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

$C_d$  = koefisien debit  $\cong 0,611$

B = lebar efektif/total lebar pintu (m)

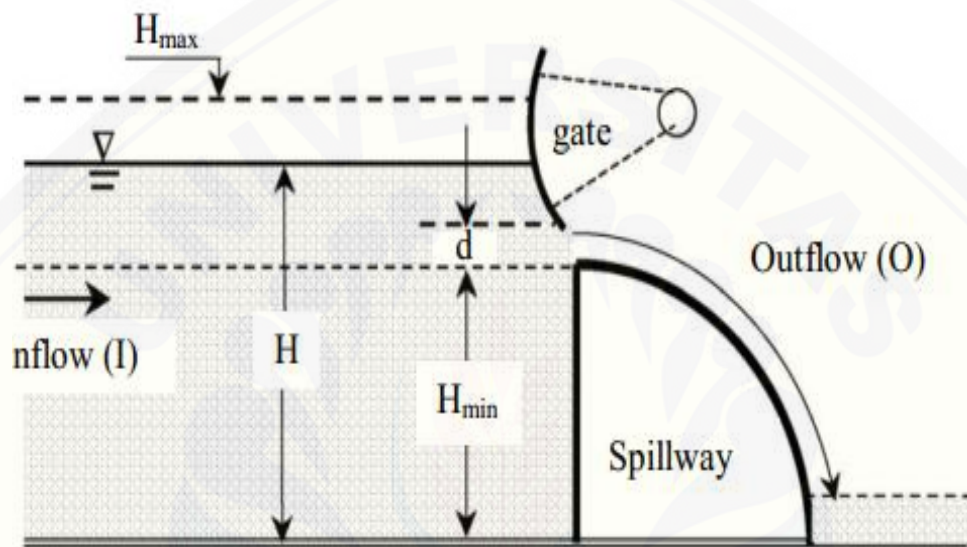
a = tinggi bukaan pintu (m)

$h_i$  = tinggi air di hulu (m)

g = gravitasi (m<sup>2</sup>/detik)

Tinggi pintu yang diperlukan sehubungan dengan pengendalian banjir adalah ( $h_i - a$ ).

Sistem pengendalian waduk menggunakan pintu pengendali banjir dapat diilustrasikan pada Gambar 2.2. Variabel pokok dari sistem tersebut adalah inflow  $I$  ( $\text{m}^3/\text{detik}$ ), outflow  $O$  ( $\text{m}^3/\text{detik}$ ), kapasitas tampungan  $S$  ( $\text{m}^3$ ), tinggi muka air aktual  $H$  (m), tinggi muka air terhadap sisi atas mercu  $H_{\text{max}}$  (m), tinggi muka air terhadap sisi bawah pintu  $H_{\text{min}}$  (m), dan tinggi bukaan pintud(m)(Udall, 1961).



Gambar 2.2 Komponen Dasar Pola Pengoprasian Waduk Berpintu(Kodotie,2013)

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada peneliti-penelitian sebelumnya. Beberapa penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Metode
1	A.Rifai, Very Dermawan, Dan Dian Singgih (2016) Universitas Brawijaya.	Evaluasi Dan Simulasi Buka-an Pintu Bendung Gerak Tempe Provinsi Sulawesi.	Diperuntukkan untuk menjaga elevasi muka air Danau Tempe. Elevasi muka air yang harus dipertahankan pada Danau Tempe adalah elevasi +5,00 m.	HEC-RAS Simulation.
2	Wiwik Yunarni Widiarti, Entin Hidayah, dan Sri Wahyuni (2017) Universitas Jember.	Penulusuran Banjir Optimasi Waduk Sampean Baru Kabupaten Bondowoso Lanjutan Tahun Kedua.	Antisipasi dan kesiapan untuk kejadian banjir skala besar memiliki peran penting dalam mengurangi dampak dan mengoptimalkan perencanaan strategis sumber daya air.	Akurasi parameter model hidrologi.
3	Imam Suharjo (2011)	Operasi Pintu Air BendungGerak Serayu Dalam Usaha Pengendalian Banjir dan Irigasi.	Agar terjamin pasokan aliran air irigasi teknis dan menyediakan air baku untuk domestik dan industri, maka dibangun Bendung Gerak Serayu (Serayu Barrage) guna menggantikan pengambilan air	Kinerja operasi berjalan sesuai dengan rencana yang artinya muka air upstream.

No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Metode
			bebas maupun dengan pompa.	
4	Dul Munttolib Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang (2006)	Evaluasi Oprasi Pintu Pengendali Banjir.	Mengevaluasi operasi pintu pengendali banjir pintu pengendali banjir Pucang Gading, menganalisis perkembangan debit pengaruhnya terhadap pengoperasian pintu dan mengevaluasi kapasitas sungai BKT dan Sungai Babon.	Metode Struktur: Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Pengaturan Tata Guna Lahan dan Non Struktur.
5	Hidayaturrohmah Universitas Jember (2017)	Simulasi Bukaan Pintu Bendung Sampean Baru Untuk Pengendalian Banjir	Mensimulasikan bukaan pintu bendung.	Metode Buka Tutup Pintu Bendung untuk menjaga ketinggian air dengan memperhatikan debit yang dilimpaskan.

### BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian studi ini di Bendungan Wlingi Raya yang terletak di Kabupaten Blitar, Provinsi Jawa Timur (Lokas Penelitian di tunjukan pada Gambar 3.1 dan 3.2).



Gambar 3.1 Lokasi Waduk Wlingi Raya dan Peta Sebaran.



Gambar 3.2 Lokasi Bendungan Wlingi Raya Blitar (Sumber. Google Earth 2017)

### 3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat dengan penjelasan singkat sebagai berikut:

#### 3.2.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk mengetahui keadaan di lapangan mengenai kondisi waduk dan sungai, sebagai referensi pendukung dalam melakukan simulasi bukaan pintu sebagai pengendalian banjir.

#### 3.2.2 Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan kajian pustaka, yaitu mempelajari buku-buku referensi dan hasil penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan. Studi pustaka merupakan pijakan untuk memahami persoalan yang diteliti dengan benar dan sesuai dengan kerangka berpikir ilmiah. Kemudian dapat diambil langkah selanjutnya dalam pemecahan masalah. Tujuannya ialah untuk mendapatkan landasan teori mengenai masalah pola operasi pintu dalam pengendalian banjir.

#### 3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk mendapat data pendukung dari suatu penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian didapatkan dari Perusahaan Umum Jasa Tirta I Jln. Surabaya 02 Malang, adapun data teknis sebagai berikut :

➤ Waduk :

- a) Luas daerah tampungan : 2.890 km<sup>2</sup>
- b) Kapasitas tampungan efektif : 5.200.000 m<sup>3</sup>
- c) Kapasitas tampungan total : 24.000.000m<sup>3</sup>
- d) Muka air normal : EI.163,50 m
- e) Muka air rendah : EI.162,00 m

➤ Bendungan :

- a) Tipe : urugan batu dengan inti lempung
- b) Tinggi : 47,00 m



- c) Panjang puncak : 717,00 m
- d) Elevasi puncak : El.167,00 m
- e) Volume timbunan : 630.000 m<sup>2</sup> ( bendungan utama )

➤ Pelimpah :

- a) Tipe : pelimpah berpintu
- b) Kapasitas : 2.824 m<sup>3</sup>/det (untuk periode 200thn)
- c) Jumlah pintu : 4
- d) Elevasi ambang pintu : El. 153,50 m
- e) Tipe pintu pelimpah : radial
- f) Ukuran pintu : 10,600 m x 10,574 m x 12,000 m
- g) Ukuran bukaan pintu : 4,00x2,500m dengan diameter 65mm

Sedangkan data-data yang diperlukan untuk penelitian antara lain :

- a. Data inflow jam-jaman pada kurun waktu 5 tahun selama musim hujan
- b. Data elevasi muka air jam-jaman pada kurun waktu 5 tahun selama musim hujan
- c. Data kapasitas waduk
- d. SOP ( *Standart Operasional Prosedure* )

### 3.2.4 Analisis Data

a. Penelusuran Banjir Waduk

Penelusuran dilakukan untuk mengetahui perubahan hidrograf banjir antara inflow dan outflow yang terjadi di waduk.

b. Perhitungan Hidrograf Banjir

Pada perhitungan hidrograf banjir digunakan metode hidrograf satuan. Hidrograf satuan yang digunakan adalah data hujan selama 5 tahun. Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui debit banjir maksimum pada waduk.

c. Perhitungan Debit Limpasan Pintu

Perhitungan ini berguna untuk mengetahui besar debit yang mampu

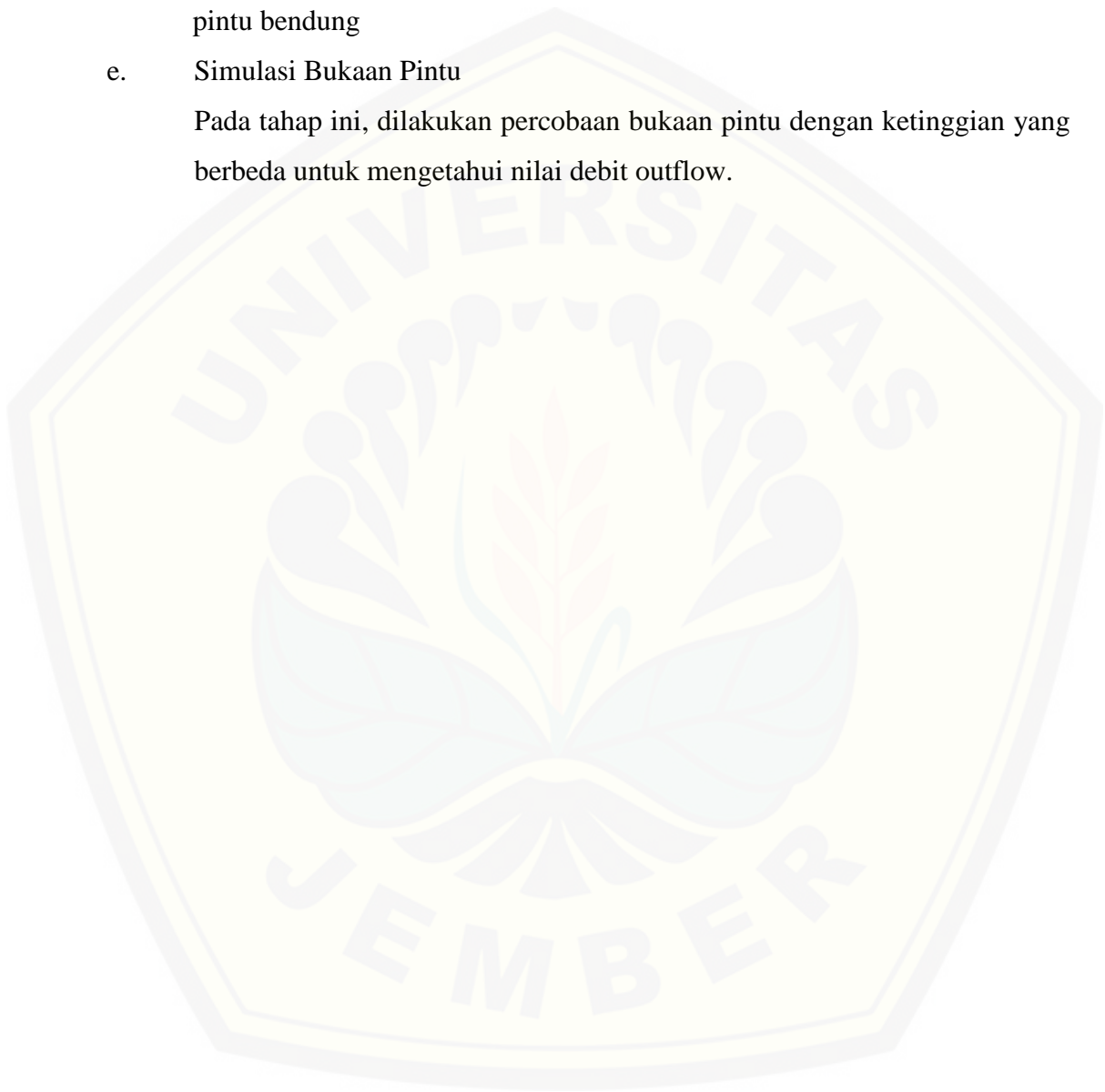
melewati *spillway* sesuai dengan data teknis pengoperasian pintu bendung.

d. Pola Operasi Pintu

Penentuan pola operasi pintu didasarkan pada data teknis pengoperasian pintu bendung

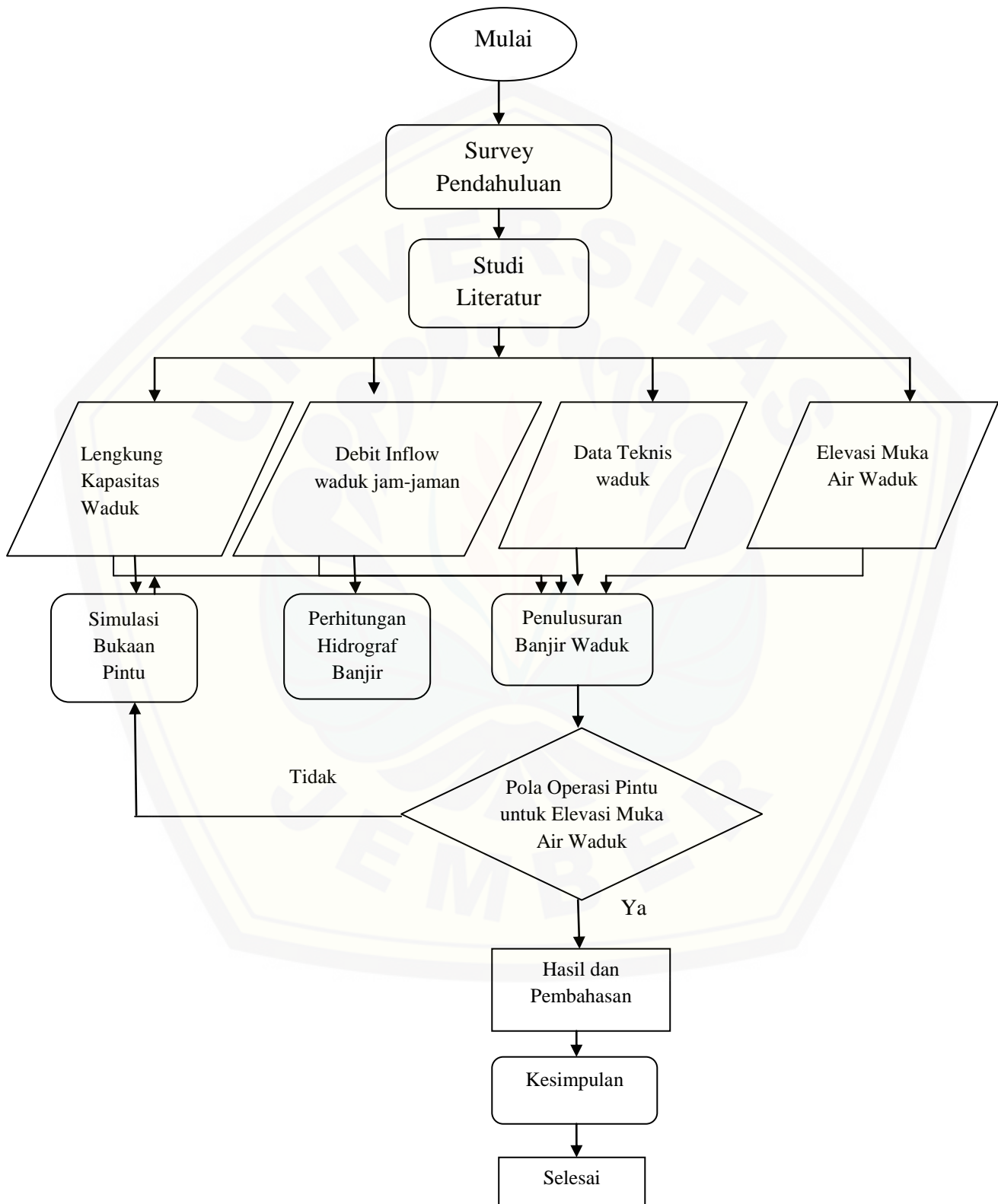
e. Simulasi Bukaan Pintu

Pada tahap ini, dilakukan percobaan bukaan pintu dengan ketinggian yang berbeda untuk mengetahui nilai debit outflow.



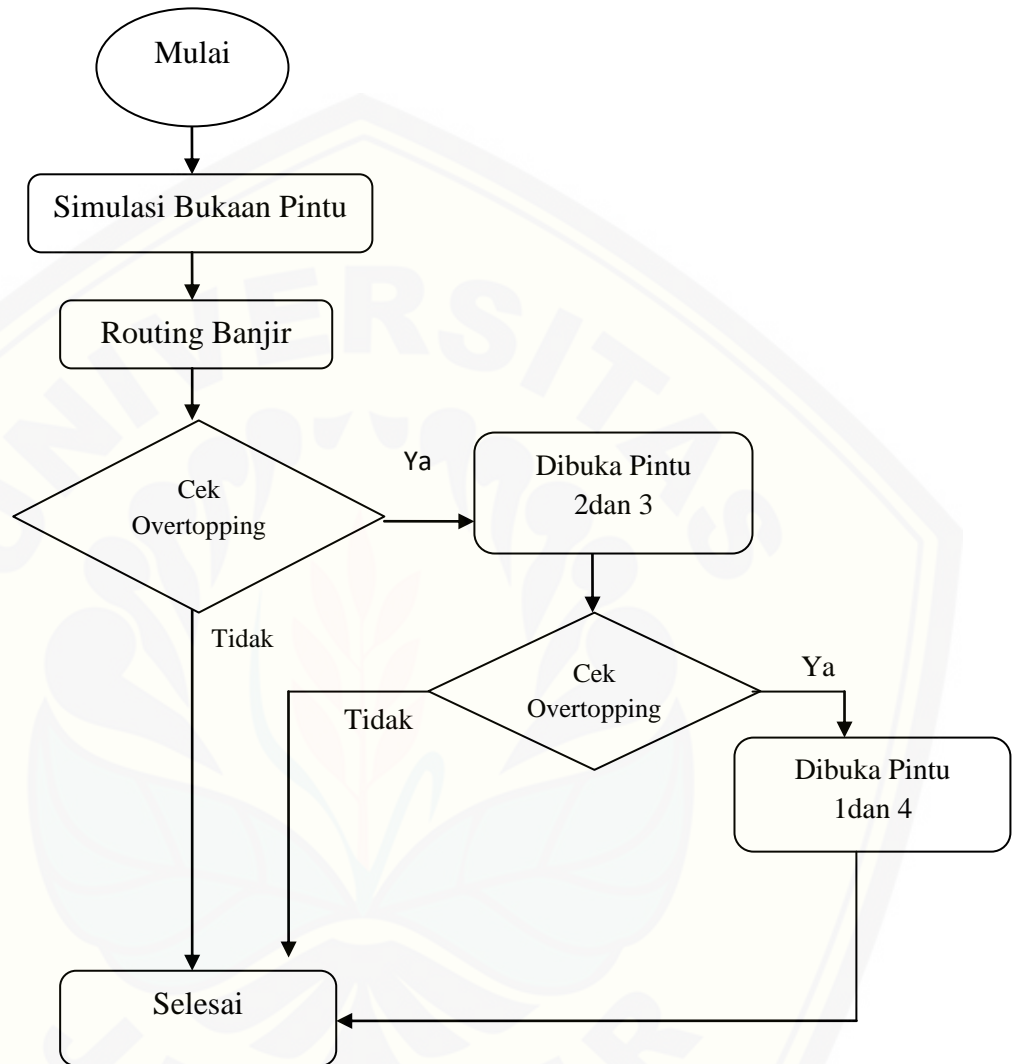
### 3.3 Diagram Alir

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3



### 3.4 Diagram Alir

Diagram alir Simulasi Bukaan Pintu dapat dilihat pada Gambar 3.4







## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data awal bukaan pintu di Bendungan Wlingi Raya, diketahui debit tertinggi selama 5 tahun terjadi pada tahun 2013. Nilai debit tertinggi pada tahun 2013 tersebut adalah sebesar 699,26 m<sup>3</sup>/detik dengan acuan elevasi normal sebesar 163,50 m. Dari data tahun 2013 tersebut dibuat simulasi bukaan pintu' tahap pertama ialah dibukanya pintu 2 dan 3 dengan elevasi muka air mencapai 163,84 m. Untuk menurunkan elevasi muka air tersebut perlu ditambah bukaan pintu 1 dan 4 sehingga elevasi pada keempat pintu ialah 163,55 m. Dengan dibuknya keempat pintu ini, maka elevasi muka air mendekati elevasi normal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Bendungan Wlingi Raya pada tahun 2013 tidak pernah mengalami *overtopping*.

### 5.2 Saran

Saran yang diberikan kepada instansi terkait pengoperasian Bendung Wlingi Raya Blitar adalah perlunya pemeliharaan berkala untuk mengetahui apabila terjadi kerusakan agar kondisi pintu tetap terjaga, sehingga dapat melewati debit banjir dengan sebagaimana mestinya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Frahmana, B., & Santosa, B. 2015. Perencanaan Bendung Gerak Dengan Pintu Air (Floodgate) Tipe Grum Gate untuk Kontrol Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Bendung Walahar Kabupaten Karawang. *Prosiding PESAT*, (6): 6-12.
- Ganoulis, J. 2009. Risk Analysis of Water Pollution. Second, Revised and Expanded Edition. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- Harkunti P. Rahayu et al “ Banjir dan Upaya Penanggulanganya,” Bandung, PROMISEIndonesia (Program For Hydro – Meteorological Risk Mitigation SecondaryCities in Asia). 2009
- Karaboga, D., Bagis, A., & Haktanir, T. 2007. Controlling Spillway Gates of Dams by Using Fuzzy Logic Controller with Optimum Rule Number. *Applied Soft Computing*, (232-238)
- Kodoatie, R. J. 2013. *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Lingarjati, Ni Arum. 2011. “Perbandingan Metode Area Increment, Empirical Area Reduction dan Moody’s Modification Untuk Analisa Volume Sedimentasi (Studi Kasus Waduk Sampean Baru)”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember : Program Sarjana Universitas Jember.
- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulus J. L. H. *Hidrologi untuk Insinyur Edisi Ketiga*. Terjemahan oleh Ir. Yandi Hermawan. 1996, Jakarta: Gelora Aksara Pratama.
- Rafiuddin, A. Z., Priyantoro, D., & Sisinggih, D. 2016. Pengaturan Operasi Pintu Bendung Gerak Sembayat di Kabupaten Gresik Untuk Mengendalikan Tinggi Muka Air Hulu. *Jurnal Pengairan Universitas Brawijaya*
- Soemarto, C. D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.



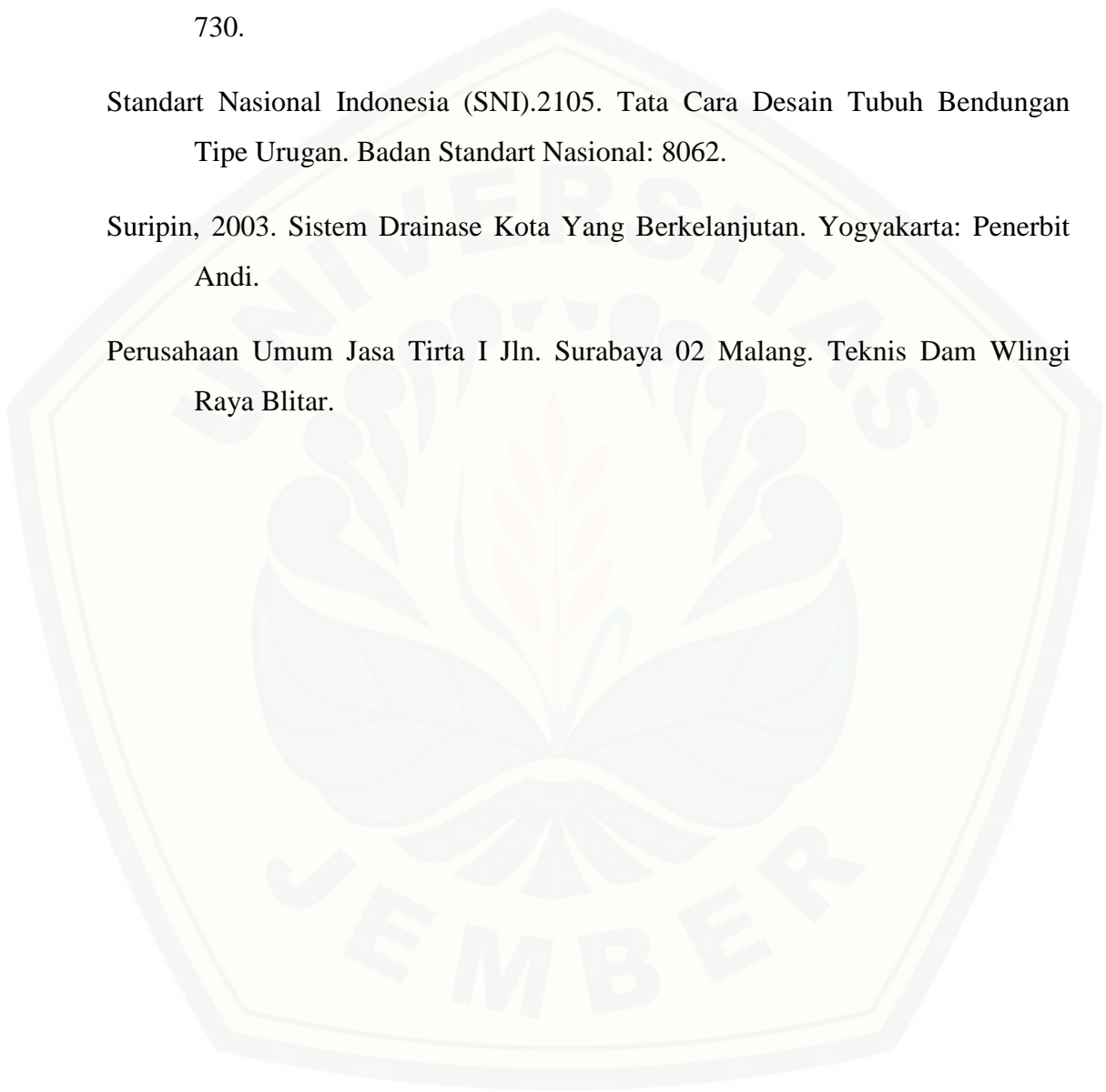
Soemarto, C. D. 1993. Hidrologi Teknik. Surabaya: Usaha Nasional.

Sariwulan B, et al. 2000. Aplikasi Model Prediksi Anomali OLR dan Curah Hujan untuk Pemantauan Kekeringan dan Banjir di Lahan Pertanian Pulau Jawa. Prosiding Seminar Internasional Penginderaan Jauh dalam Pengembangan Ekonomi dan Pelestarian Lingkungan; Jakarta, 11-12 April 2000. hlm 713-730.

Standart Nasional Indonesia (SNI).2105. Tata Cara Desain Tubuh Bendungan Tipe Urugan. Badan Standart Nasional: 8062.

Suripin, 2003. Sistem Drainase Kota Yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Perusahaan Umum Jasa Tirta I Jln. Surabaya 02 Malang. Teknis Dam Wlingi Raya Blitar.



**LAMPIRAN A**

**1. Perhitungan routing banjir  
Bentang 10,60 m berlaku pada 1 pintu**

NO	Elevasi	H	S	S/Δt	Q	Q/2	Ψ	Φ
	m	m	(10 <sup>6</sup> Xm <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1	162,00	0,00	2,94	18555,56	0,00	0,00	18555,56	18555,56
2	162,05	0,25	2,98	18819,13	22,60	11,30	18796,54	18830,43
3	162,10	0,50	3,02	19082,71	45,19	22,60	19037,51	19105,30
4	162,15	0,65	3,07	19346,28	58,75	29,37	19287,53	19375,65
5	162,20	0,75	3,11	19609,85	67,79	33,89	19542,06	19643,75
6	162,25	1,00	3,15	19873,43	90,38	45,19	19783,04	19918,62
7	162,30	1,25	3,19	20137,00	112,98	56,49	20024,02	20193,49
8	162,35	1,50	3,23	20400,57	135,58	67,79	20265,00	20468,36
9	162,40	1,75	3,27	20664,15	158,17	79,09	20505,97	20743,23
10	162,45	2,00	3,32	20927,72	180,77	90,38	20746,95	21018,10
11	162,50	2,10	3,36	21191,29	189,81	94,90	21001,49	21286,19
12	162,55	2,15	3,40	21454,87	194,32	97,16	21260,54	21552,03
13	162,60	2,30	3,44	21718,44	207,88	103,94	21510,56	21822,38
14	162,65	2,45	3,48	21982,01	221,44	110,72	21760,57	22092,73
15	162,70	2,50	3,53	22245,59	225,96	112,98	22019,63	22358,56
16	162,75	2,75	3,57	22509,16	248,55	124,28	22260,60	22633,44
17	162,80	2,80	3,61	22772,73	253,07	126,54	22519,66	22899,27
18	162,85	2,85	3,65	23036,31	257,59	128,80	22778,71	23165,10
19	162,90	2,90	3,69	23299,88	262,11	131,06	23037,77	23430,93
20	162,95	3,00	3,73	23563,45	271,15	135,58	23292,30	23699,03
21	163,00	3,10	3,78	23827,03	280,19	140,09	23546,84	23967,12
22	163,05	3,20	3,82	24090,60	289,23	144,61	23801,37	24235,21
23	163,10	3,30	3,86	24354,17	298,27	149,13	24055,91	24503,30
24	163,15	3,40	3,90	24617,74	307,30	153,65	24310,44	24771,40
25	163,20	3,50	3,94	24881,32	316,34	158,17	24564,98	25039,49
26	163,25	3,6	3,98	25144,89	325,38	162,69	24819,51	25307,58
27	163,30	3,7	4,03	25408,46	334,42	167,21	25074,05	25575,67
28	163,35	3,8	4,07	25672,04	343,46	171,73	25328,58	25843,77
29	163,40	3,9	4,11	25935,61	352,50	176,25	25583,12	26111,86
30	163,45	4	4,15	26199,18	361,53	180,77	25837,65	26379,95
31	163,50	4,1	4,19	26462,76	370,57	185,29	26092,19	26648,04
32	163,55	4,2	4,24	26726,33	379,61	189,81	26346,72	26916,14
33	163,60	4,3	4,28	26989,90	388,65	194,32	26601,26	27184,23

NO	Elevasi m	H m	S (10 <sup>6</sup> Xm <sup>3</sup> )	S/Δt m <sup>3</sup> /s	Q m <sup>3</sup> /s	Q/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ m <sup>3</sup> /s	Φ m <sup>3</sup> /s
34	163,65	4,4	4,32	27253,48	397,6874	198,8437	26855,79	27452,32
35	163,7	4,5	4,36	27517,05	406,7258	203,3629	27110,33	27720,41
36	163,75	4,6	4,40	27780,62	415,7641	207,8821	27364,86	27988,51
37	163,8	4,7	4,44	28044,2	424,8025	212,4012	27619,4	28256,6
38	163,85	4,8	4,49	28307,77	433,8408	216,9204	27873,93	28524,69
39	163,9	4,9	4,53	28571,34	442,8792	221,4396	28128,47	28792,78
40	163,95	5	4,57	28834,92	451,9175	225,9588	28383	29060,88
41	164	5,1	4,61	29098,49	460,9559	230,4779	28637,53	29328,97
42	164,05	5,2	4,65	29362,06	469,9942	234,9971	28892,07	29597,06
43	164,1	5,3	4,70	29625,64	479,0326	239,5163	29146,6	29865,15
44	164,15	5,5	4,74	29889,21	497,1093	248,5547	29392,1	30137,77
45	164,2	5,6	4,78	30152,78	506,1477	253,0738	29646,64	30405,86
46	164,25	5,7	4,82	30416,36	515,186	257,593	29901,17	30673,95
47	164,3	5,8	4,86	30679,93	524,2244	262,1122	30155,71	30942,04
48	164,35	5,9	4,90	30943,5	533,2627	266,6314	30410,24	31210,14
49	164,4	6	4,95	31207,08	542,3011	271,1505	30664,78	31478,23
50	164,45	6,1	4,99	31470,65	551,3394	275,6697	30919,31	31746,32
51	164,5	6,2	5,02924	31734,22	560,3778	280,1889	31173,85	32014,41

**2. Perhitungan routing banjir  
Pada bentang 21,2 m**

NO	Elevasi	H	S	S/ $\Delta t$	Q	Q/2	$\Psi$	$\Phi$
	m	m	( $10^6 \times m^3$ )	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1	162,00	0,00	2,94	816,86	0,00	0,00	816,86	816,86
2	162,05	0,25	2,98	828,46	63,91	31,96	764,55	860,42
3	162,10	0,50	3,02	840,06	127,82	63,91	712,24	903,97
4	162,15	0,65	3,07	851,67	166,17	83,08	685,50	934,75
5	162,20	0,75	3,11	863,27	191,73	95,87	671,54	959,14
6	162,25	1,00	3,15	874,87	255,64	127,82	619,23	1002,69
7	162,30	1,25	3,19	886,48	319,55	159,78	566,92	1046,25
8	162,35	1,50	3,23	898,08	383,46	191,73	514,61	1089,81
9	162,40	1,75	3,27	909,68	447,38	223,69	462,31	1133,37
10	162,45	2,00	3,32	921,28	511,29	255,64	410,00	1176,93
11	162,50	2,10	3,36	932,89	536,85	268,43	396,04	1201,31
12	162,55	2,15	3,40	944,49	549,63	274,82	394,86	1219,31
13	162,60	2,30	3,44	956,09	587,98	293,99	368,11	1250,08
14	162,65	2,45	3,48	967,70	626,33	313,16	341,37	1280,86
15	162,70	2,50	3,53	979,30	639,11	319,55	340,19	1298,85
16	162,75	2,75	3,57	990,90	703,02	351,51	287,88	1342,41
17	162,80	2,80	3,61	1002,51	715,80	357,90	286,71	1360,41
18	162,85	2,85	3,65	1014,11	728,58	364,29	285,53	1378,40
19	162,90	2,90	3,69	1025,71	741,37	370,68	284,35	1396,40
20	162,95	3,00	3,73	1037,32	766,93	383,46	270,39	1420,78
21	163,00	3,10	3,78	1048,92	792,49	396,25	256,42	1445,17
22	163,05	3,20	3,82	1060,52	818,06	409,03	242,46	1469,55
23	163,10	3,30	3,86	1072,12	843,62	421,81	228,50	1493,94
24	163,15	3,40	3,90	1083,73	869,19	434,59	214,54	1518,32
25	163,20	3,50	3,94	1095,33	894,75	447,38	200,58	1542,71
26	163,25	3,6	3,98	1106,93	920,32	460,16	186,62	1567,09
27	163,30	3,7	4,03	1118,54	945,88	472,94	172,66	1591,48
28	163,35	3,8	4,07	1130,14	971,44	485,72	158,70	1615,86
29	163,40	3,9	4,11	1141,74	997,01	498,50	144,73	1640,25
30	163,45	4	4,15	1153,35	1022,57	511,29	130,77	1664,63
31	163,50	4,1	4,19	1164,95	1048,14	524,07	116,81	1689,02
32	163,55	4,2	4,24	1176,55	1073,70	536,85	102,85	1713,40
33	163,60	4,3	4,28	1188,16	1099,27	549,63	88,89	1737,79
34	163,65	4,4	4,32	1199,76	1124,83	562,41	74,93	1762,17

NO	Elevasi	H	S	S/Δt	Q	Q/2	Ψ	Φ
	m	m	(10 <sup>6</sup> Xm <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
35	163,70	4,5	4,36	1211,36	1150,39	575,20	60,97	1786,56
36	163,75	4,6	4,40	1222,96	1175,96	587,98	47,01	1810,94
37	163,80	4,7	4,44	1234,57	1201,52	600,76	33,05	1835,33
38	163,85	4,8	4,49	1246,17	1227,09	613,54	19,08	1859,71
39	163,90	4,9	4,53	1257,77	1252,65	626,33	5,12	1884,10
40	163,95	5	4,57	1269,38	1278,22	639,11	-8,84	1908,49
41	164,00	5,1	4,61	1280,98	1303,78	651,89	-22,80	1932,87
42	164,05	5,2	4,65	1292,58	1329,34	664,67	-36,76	1957,26
43	164,10	5,3	4,70	1304,19	1354,91	677,45	-50,72	1981,64
44	164,15	5,5	4,74	1315,79	1406,04	703,02	-90,25	2018,81
45	164,20	5,6	4,78	1327,39	1431,60	715,80	-104,21	2043,19
46	164,25	5,7	4,82	1339,00	1457,17	728,58	-118,17	2067,58
47	164,30	5,8	4,86	1350,60	1482,73	741,37	-132,13	2091,96
48	164,35	5,9	4,90	1362,20	1508,29	754,15	-146,09	2116,35
49	164,40	6	4,95	1373,80	1533,86	766,93	-160,05	2140,73
50	164,45	6,1	4,99	1385,41	1559,42	779,71	-174,02	2165,12
51	164,50	6,2	5,03	1397,01	1584,99	792,49	-187,98	2189,50

**3. Perhitungan routing banjir  
Pada bentang 31,80 m**

NO	Elevasi	H	S	S/Δt	Q	Q/2	Ψ	Φ
	m	m	(10 <sup>6</sup> Xm <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1	162,00	0,00	2,940685	816,857	0	0	816,857	816,857
2	162,05	0,25	2,982456	828,46	117,3533	58,67666	711,1067	887,1367
3	162,10	0,50	3,024227	840,0631	234,7067	117,3533	605,3565	957,4165
4	162,15	0,65	3,065998	851,6662	305,1187	152,5593	546,5475	1004,226
5	162,20	0,75	3,107769	863,2693	352,06	176,03	511,2093	1039,299
6	162,25	1,00	3,149541	874,8724	469,4133	234,7067	405,459	1109,579
7	162,30	1,25	3,191312	886,4754	586,7666	293,3833	299,7088	1179,859
8	162,35	1,50	3,233083	898,0785	704,12	352,06	193,9586	1250,139
9	162,40	1,75	3,274854	909,6816	821,4733	410,7367	88,2083	1320,418
10	162,45	2,00	3,316625	921,2847	938,8266	469,4133	-17,5419	1390,698
11	162,50	2,10	3,358396	932,8878	985,768	492,884	-52,8802	1425,772
12	162,55	2,15	3,400167	944,4909	1009,239	504,6193	-64,7478	1449,11
13	162,60	2,30	3,441938	956,0939	1079,651	539,8253	-123,557	1495,919
14	162,65	2,45	3,483709	967,697	1150,063	575,0313	-182,366	1542,728
15	162,70	2,50	3,52548	979,3001	1173,533	586,7666	-194,233	1566,067
16	162,75	2,75	3,567251	990,9032	1290,887	645,4433	-299,983	1636,346
17	162,80	2,80	3,609023	1002,506	1314,357	657,1786	-311,851	1659,685
18	162,85	2,85	3,650794	1014,109	1337,828	668,914	-323,719	1683,023
19	162,90	2,90	3,692565	1025,712	1361,299	680,6493	-335,586	1706,362
20	162,95	3,00	3,734336	1037,316	1408,24	704,12	-370,924	1741,435
21	163,00	3,10	3,776107	1048,919	1455,181	727,5906	-406,263	1776,509
22	163,05	3,20	3,817878	1060,522	1502,123	751,0613	-441,601	1811,583
23	163,10	3,30	3,859649	1072,125	1549,064	774,532	-476,939	1846,657
24	163,15	3,40	3,90142	1083,728	1596,005	798,0026	-512,277	1881,73
25	163,20	3,50	3,943191	1095,331	1642,947	821,4733	-547,616	1916,804
26	163,25	3,6	3,984962	1106,934	1689,888	844,944	-582,954	1951,878
27	163,30	3,7	4,026734	1118,537	1736,829	868,4146	-618,292	1986,952
28	163,35	3,8	4,068505	1130,14	1783,771	891,8853	-653,63	2022,025
29	163,40	3,9	4,110276	1141,743	1830,712	915,356	-688,969	2057,099
30	163,45	4	4,152047	1153,346	1877,653	938,8266	-724,307	2092,173
31	163,5	4,1	4,193818	1164,949	1924,595	962,2973	-759,645	2127,247
32	163,55	4,2	4,235589	1176,552	1971,536	985,768	-794,983	2162,32
33	163,6	4,3	4,27736	1188,156	2018,477	1009,239	-830,322	2197,394
34	163,65	4,4	4,319131	1199,759	2065,419	1032,709	-865,66	2232,468

NO	Elevasi m	H m	S (10 <sup>6</sup> Xm <sup>3</sup> )	S/Δt m <sup>3</sup> /s	Q m <sup>3</sup> /s	Q/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ m <sup>3</sup> /s	Φ m <sup>3</sup> /s
35	163,7	4,5	4,360902	1211,362	2112,36	1056,18	-900,998	2267,542
36	163,75	4,6	4,402673	1222,965	2159,301	1079,651	-936,336	2302,615
37	163,8	4,7	4,444444	1234,568	2206,243	1103,121	-971,675	2337,689
38	163,85	4,8	4,486216	1246,171	2253,184	1126,592	-1007,01	2372,763
39	163,9	4,9	4,527987	1257,774	2300,125	1150,063	-1042,35	2407,837
40	163,95	5	4,569758	1269,377	2347,067	1173,533	-1077,69	2442,91
41	164	5,1	4,611529	1280,98	2394,008	1197,004	-1113,03	2477,984
42	164,05	5,2	4,6533	1292,583	2440,949	1220,475	-1148,37	2513,058
43	164,1	5,3	4,695071	1304,186	2487,891	1243,945	-1183,7	2548,132
44	164,15	5,5	4,736842	1315,789	2581,773	1290,887	-1265,98	2606,676
45	164,2	5,6	4,778613	1327,393	2628,715	1314,357	-1301,32	2641,75
46	164,25	5,7	4,820384	1338,996	2675,656	1337,828	-1336,66	2676,824
47	164,3	5,8	4,862155	1350,599	2722,597	1361,299	-1372	2711,897
48	164,35	5,9	4,903926	1362,202	2769,539	1384,769	-1407,34	2746,971
49	164,4	6	4,945698	1373,805	2816,48	1408,24	-1442,68	2782,045
50	164,45	6,1	4,987469	1385,408	2863,421	1431,711	-1478,01	2817,119
51	164,5	6,2	5,02924	1397,011	2910,363	1455,181	-1513,35	2852,192

**4. Perhitungan routing banjir  
Pada bentang 42,40 m**

NO	Elevasi	H	S	S/Δt	Q	Q/2	Ψ	Φ
	m	m	(10 <sup>6</sup> Xm <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1	162,00	0,00	2,94	816,86	0,00	0,00	816,86	816,86
2	162,05	0,25	2,98	828,46	180,77	90,38	647,69	918,84
3	162,10	0,50	3,02	840,06	361,53	180,77	478,53	1020,83
4	162,15	0,65	3,07	851,67	469,99	235,00	381,67	1086,66
5	162,20	0,75	3,11	863,27	542,30	271,15	320,97	1134,42
6	162,25	1,00	3,15	874,87	723,07	361,53	151,80	1236,41
7	162,30	1,25	3,19	886,48	903,84	451,92	-17,36	1338,39
8	162,35	1,50	3,23	898,08	1084,60	542,30	-186,52	1440,38
9	162,40	1,75	3,27	909,68	1265,37	632,68	-355,69	1542,37
10	162,45	2,00	3,32	921,28	1446,14	723,07	-524,85	1644,35
11	162,50	2,10	3,36	932,89	1518,44	759,22	-585,56	1692,11
12	162,55	2,15	3,40	944,49	1554,60	777,30	-610,11	1721,79
13	162,60	2,30	3,44	956,09	1663,06	831,53	-706,96	1787,62
14	162,65	2,45	3,48	967,70	1771,52	885,76	-803,82	1853,46
15	162,70	2,50	3,53	979,30	1807,67	903,84	-828,37	1883,14
16	162,75	2,75	3,57	990,90	1988,44	994,22	-997,53	1985,12
17	162,80	2,80	3,61	1002,51	2024,59	1012,30	-1022,08	2014,80
18	162,85	2,85	3,65	1014,11	2060,74	1030,37	-1046,63	2044,48
19	162,90	2,90	3,69	1025,71	2096,90	1048,45	-1071,18	2074,16
20	162,95	3,00	3,73	1037,32	2169,20	1084,60	-1131,89	2121,92
21	163,00	3,10	3,78	1048,92	2241,51	1120,76	-1192,59	2169,67
22	163,05	3,20	3,82	1060,52	2313,82	1156,91	-1253,30	2217,43
23	163,10	3,30	3,86	1072,12	2386,12	1193,06	-1314,00	2265,19
24	163,15	3,40	3,90	1083,73	2458,43	1229,22	-1374,70	2312,94
25	163,20	3,50	3,94	1095,33	2530,74	1265,37	-1435,41	2360,70
26	163,25	3,6	3,98	1106,93	2603,05	1301,52	-1496,11	2408,46
27	163,3	3,7	4,03	1118,54	2675,35	1337,68	-1556,81	2456,21
28	163,35	3,8	4,07	1130,14	2747,66	1373,83	-1617,52	2503,97
29	163,4	3,9	4,11	1141,74	2819,97	1409,98	-1678,22	2551,73
30	163,45	4	4,15	1153,35	2892,27	1446,14	-1738,93	2599,48
31	163,5	4,1	4,19	1164,95	2964,58	1482,29	-1799,63	2647,24
32	163,55	4,2	4,24	1176,55	3036,89	1518,44	-1860,33	2695,00
33	163,6	4,3	4,28	1188,16	3109,19	1554,60	-1921,04	2742,75
34	163,65	4,4	4,32	1199,76	3181,50	1590,75	-1981,74	2790,51
35	163,7	4,5	4,36	1211,36	3253,81	1626,90	-2042,44	2838,26



NO	Elevasi m	H m	S (10 <sup>6</sup> Xm <sup>3</sup> )	S/Δt m <sup>3</sup> /s	Q m <sup>3</sup> /s	Q/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ m <sup>3</sup> /s	Φ m <sup>3</sup> /s
36	163,75	4,6	4,40	1222,96	3326,11	1663,06	-2103,15	2886,02
37	163,8	4,7	4,44	1234,57	3398,42	1699,21	-2163,85	2933,78
38	163,85	4,8	4,49	1246,17	3470,73	1735,36	-2224,56	2981,53
39	163,9	4,9	4,53	1257,77	3543,03	1771,52	-2285,26	3029,29
40	163,95	5	4,57	1269,38	3615,34	1807,67	-2345,96	3077,05
41	164	5,1	4,61	1280,98	3687,65	1843,82	-2406,67	3124,80
42	164,05	5,2	4,65	1292,58	3759,95	1879,98	-2467,37	3172,56
43	164,1	5,3	4,70	1304,19	3832,26	1916,13	-2528,07	3220,32
44	164,15	5,5	4,74	1315,79	3976,87	1988,44	-2661,08	3304,23
45	164,2	5,6	4,78	1327,39	4049,18	2024,59	-2721,79	3351,98
46	164,25	5,7	4,82	1339,00	4121,49	2060,74	-2782,49	3399,74
47	164,3	5,8	4,86	1350,60	4193,79	2096,90	-2843,20	3447,50
48	164,35	5,9	4,90	1362,20	4266,10	2133,05	-2903,90	3495,25
49	164,4	6	4,95	1373,80	4338,41	2169,20	-2964,60	3543,01
50	164,45	6,1	4,99	1385,41	4410,72	2205,36	-3025,31	3590,77
51	164,5	6,2	5,03	1397,01	4483,02	2241,51	-3086,01	3638,52

## Kapasitas tampungan waduk

NO	ELEVASI	VOLUME
1	164,50	6.694.364,77
2	164,00	5.576.937,62
3	163,90	5.368.811,38
4	163,80	5.165.698,41
5	163,70	4.967.551,97
6	163,60	4.774.324,74
7	163,50	4.585.968,82
8	163,40	4.402.435,75
9	163,30	4.223.676,52
10	163,20	4.049.641,52
11	163,10	3.880.280,61
12	163,00	3.715.543,06
13	162,90	3.555.377,58
14	162,80	3.399.732,31
15	162,70	3.248.554,85
16	162,60	3.101.792,20
17	162,50	2.959.390,81
18	162,40	2.821.296,58
19	162,30	2.687.454,82
20	162,20	2.557.810,30
21	162,10	2.432.307,20
22	162,00	2.310.889,18
23	161,90	2.193.499,28
24	161,80	2.080.080,03
25	161,70	1.970.573,37
26	161,60	1.864.920,67
27	161,50	1.663.062,77
28	161,40	1.664.939,91
29	161,30	1.570.491,80
30	161,20	1.479.657,58
31	161,10	1.392.375,83
32	161,00	1.308.584,55
33	160,90	1.228.221,21
34	160,80	1.151.222,70
35	160,70	1.077.525,36
36	160,60	1.007.064,97
37	160,50	939.776,74
38	160,40	875.595,34
39	160,30	814.454,87
40	160,20	756.288,87
41	160,10	701.030,33

NO	ELEVASI	VOLUME
42	160	648611,67
43	159,9	598964,77
44	159,8	552020,93
45	159,7	507710,92
46	159,6	465964,94
47	159,5	426712,63
48	159,4	389883,07
49	159,3	355404,81
50	159,2	323205,81
51	159,1	293213,51
52	159	265354,76
53	158,9	239555,88
54	158,8	215742,63
55	158,7	193840,21
56	158,6	173773,28
57	158,5	155465,92
58	158,4	138841,69
59	158,3	123823,58
60	158,2	110334,02
61	158,1	98294,9
62	158	87627,55
63	157,9	78252,76
64	157,8	70090,76
65	157,7	63061,23
66	157,6	57083,29
67	157,5	52075,53
68	157,4	47955,97
69	157,3	44642,09
70	157,2	42050,82
71	157,1	40098,54
72	157	38701,07
73	156,9	37773,7
74	156,8	37231,15
75	156,7	36987,61
76	156,6	36956,72

**LAMPIRAN B**

**1.1 Penulusuran banjir melalui waduk tahun 2013**

**Pintu 1**

Waktu t	Inflow I	(I1+I2)/2	$\Psi_1$	$\Phi_2$	H	Outflow Q	EMAW
jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	outflow	m	m <sup>3</sup> /s	(M)
0							
1	235,60	235,6	19734,5	19970,1	1,2	232,9	164,7
2	235,60	235,6	19734,5	19970,1	1,2	232,9	164,7
3	235,60	235,6	19734,5	19970,1	1,2	232,9	164,7
4	235,60	235,6	19734,5	19970,1	1,2	232,9	164,7
5	398,72	317,2	20646,1	20963,2	1,6	310,0	165,1
6	398,72	357,9	21101,9	21459,8	1,9	348,6	165,4
7	379,55	368,7	21222,6	21591,4	1,9	358,8	165,4
8	443,18	406,0	21638,6	22044,6	2,1	394,1	165,6
9	471,78	438,9	22006,4	22445,3	2,3	425,2	165,8
10	489,28	464,1	22288,1	22752,2	2,4	449,0	165,9
11	502,28	483,2	22501,6	22984,8	2,5	467,1	166,0
12	452,83	468,0	22332,0	22800,0	2,4	452,7	165,9
13	579,00	523,5	22952,3	23475,8	2,7	505,2	166,2
14	613,30	568,4	23454,1	24022,5	2,9	547,7	166,4
15	699,26	633,8	24185,4	24819,3	3,2	609,6	166,7
16	632,39	633,1	24177,4	24810,5	3,2	608,9	166,7
17	622,54	627,8	24118,3	24746,1	3,2	603,9	166,7
18	638,09	633,0	24175,7	24808,6	3,2	608,8	166,7
19	558,15	595,6	23757,6	24353,2	3,0	573,4	166,5
20	506,34	550,9	23259,1	23810,0	2,8	531,2	166,3
21	499,40	525,2	22971,0	23496,2	2,7	506,8	166,2
22	466,03	495,6	22640,5	23136,1	2,5	478,9	166,0
23	402,78	449,2	22121,8	22571,0	2,3	434,9	165,8
24	396,60	422,9	21827,9	22250,7	2,2	410,1	165,7

## 1.1 Pintu 2

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	183,32	183,32	604,258	787,578	0,10	52,68	163,60
2	179,433	181,377	605,833	787,21	0,10	52,14	163,60
3	179,711	179,572	607,296	786,868	0,10	51,65	163,60
4	175,822	177,767	608,759	786,526	0,10	51,15	163,60
5	180,544	178,183	608,422	786,605	0,10	51,27	163,60
6	179,916	180,23	606,763	786,993	0,10	51,83	163,60
7	176,36	178,138	608,458	786,596	0,10	51,25	163,60
8	183,32	179,84	607,079	786,919	0,10	51,72	163,60
9	184,96	184,14	603,594	787,734	0,10	52,90	163,60
10	176,576	180,768	606,327	787,095	0,10	51,97	163,60
11	154,31	165,443	618,747	784,19	0,09	47,77	163,59
12	138,6	146,455	634,137	780,592	0,08	42,56	163,58
13	138,6	138,6	640,503	779,103	0,08	40,40	163,58
14	138,6	138,6	640,503	779,103	0,08	40,40	163,58
15	125,544	132,072	645,794	777,866	0,07	38,61	163,57
16	132,878	129,211	648,112	777,324	0,07	37,82	163,57
17	206,767	169,822	615,198	785,02	0,09	48,97	163,59
18	275,211	240,989	557,519	798,508	0,13	68,51	163,63
19	372,11	323,661	490,515	814,176	0,17	91,20	163,67
20	474,05	423,08	409,938	833,018	0,22	118,49	163,72
21	481,33	477,69	365,678	843,368	0,25	133,48	163,75
22	545,353	513,342	336,783	850,125	0,27	143,27	163,77
23	470,854	508,104	341,028	849,132	0,27	141,83	163,77
24	479,743	475,299	367,616	842,915	0,25	132,83	163,75

## 1.1 Pintu 3

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	183,32	183,32	588,427	771,747	0,03	33,01	163,60
2	179,433	181,377	590,17	771,547	0,03	32,68	163,60
3	179,711	179,572	591,788	771,36	0,03	32,37	163,60
4	175,822	177,767	593,407	771,174	0,03	32,06	163,60
5	180,544	178,183	593,034	771,217	0,03	32,14	163,60
6	179,916	180,23	591,198	771,428	0,03	32,48	163,69
7	176,36	178,138	593,075	771,212	0,03	32,13	163,68
8	183,32	179,84	591,548	771,388	0,03	32,42	163,55
9	184,96	184,14	587,692	771,832	0,03	33,15	163,57
10	176,576	180,768	590,716	771,484	0,03	32,58	163,59
11	154,31	165,443	604,46	769,903	0,03	29,96	163,61
12	138,6	146,455	621,489	767,944	0,03	26,71	163,62
13	138,6	138,6	628,534	767,134	0,03	25,37	163,64
14	138,6	138,6	628,534	767,134	0,03	25,37	163,66
15	125,544	132,072	634,388	766,46	0,02	24,25	163,68
16	132,878	129,211	636,954	766,165	0,02	23,76	163,69
17	206,767	169,822	600,532	770,355	0,03	30,71	163,69
18	275,211	240,989	536,707	777,696	0,04	42,87	163,70
19	372,11	323,661	462,564	786,225	0,06	57,00	163,70
20	474,05	423,08	373,401	796,481	0,08	74,00	163,70
21	481,33	477,69	324,425	802,115	0,09	83,34	163,70
22	545,353	513,342	292,451	805,793	0,09	89,43	163,71
23	470,854	508,104	297,149	805,253	0,09	88,54	163,70
24	479,743	475,299	326,569	801,868	0,08	82,93	163,71

**1.1 Pintu 4**

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	183,32	183,32	581,802	765,122	0,02	22,89	163,52
2	179,4333	181,377	583,615	764,991	0,02	22,66	163,52
3	179,7111	179,572	585,298	764,87	0,01	22,45	163,51
4	175,8222	177,767	586,983	764,749	0,01	22,24	163,51
5	180,5444	178,183	586,594	764,777	0,01	22,29	163,51
6	179,9156	180,23	584,684	764,914	0,01	22,53	163,51
7	176,36	178,138	586,636	764,774	0,01	22,28	163,51
8	183,32	179,84	585,048	764,888	0,01	22,48	163,51
9	184,96	184,14	581,037	765,177	0,02	22,99	163,52
10	176,5756	180,768	584,183	764,951	0,01	22,59	163,51
11	154,31	165,443	598,481	763,923	0,01	20,78	163,51
12	138,6	146,455	616,196	762,651	0,01	18,54	163,51
13	138,6	138,6	623,524	762,124	0,01	17,61	163,51
14	138,6	138,6	623,524	762,124	0,01	17,61	163,51
15	125,5444	132,072	629,615	761,687	0,01	16,84	163,51
16	132,8778	129,211	632,284	761,495	0,01	16,50	163,51
17	206,7667	169,822	594,395	764,217	0,01	21,30	163,51
18	275,2111	240,989	527,998	768,987	0,02	29,71	163,52
19	372,11	323,661	450,867	774,527	0,03	39,48	163,53
20	474,05	423,08	358,111	781,191	0,03	51,23	163,53
21	481,33	477,69	307,161	784,851	0,04	57,68	163,54
22	545,3533	513,342	273,898	787,24	0,04	61,89	163,54
23	470,8544	508,104	278,785	786,889	0,04	61,27	163,54
24	479,7433	475,299	309,392	784,69	0,04	57,40	163,54

## 2. Penulusuran banjir melalui waduk tahun 2014

### 2.1 Pintu 1

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	$(I1+I2)/2$ m <sup>3</sup> /s	$\Psi1$ m <sup>3</sup> /s	$\Phi2$ outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	183,3	183,3	19150,2	19333,5	1,0	183,4	164,5
2	179,4	181,4	19128,5	19309,8	1,0	181,6	164,5
3	179,7	179,6	19108,3	19287,9	1,0	179,9	164,5
4	175,8	177,8	19088,1	19265,9	0,9	178,2	164,4
5	180,5	178,2	19092,8	19271,0	0,9	178,6	164,4
6	179,9	180,2	19115,6	19295,9	1,0	180,5	164,5
7	176,4	178,1	19092,3	19270,4	0,9	178,5	164,4
8	183,3	179,8	19111,3	19291,1	1,0	180,1	164,5
9	185,0	184,1	19159,3	19343,5	1,0	184,2	164,5
10	176,6	180,8	19121,7	19302,4	1,0	181,0	164,5
11	154,3	165,4	18950,4	19115,8	0,9	166,5	164,4
12	138,6	146,5	18738,1	18884,6	0,8	148,6	164,3
13	138,6	138,6	18650,4	18789,0	0,7	141,1	164,2
14	138,6	138,6	18650,4	18789,0	0,7	141,1	164,2
15	125,5	132,1	18577,4	18709,5	0,7	135,0	164,2
16	132,9	129,2	18545,4	18674,6	0,7	132,2	164,2
17	206,8	169,8	18999,3	19169,1	0,9	170,7	164,4
18	275,2	241,0	19794,7	20035,7	1,3	238,0	164,8
19	372,1	323,7	20718,7	21042,4	1,7	316,2	165,2
20	474,1	423,1	21829,9	22253,0	2,2	410,2	165,7
21	481,3	477,7	22440,3	22918,0	2,5	461,9	166,0
22	545,4	513,3	22838,8	23352,1	2,6	495,6	166,1
23	470,9	508,1	22780,2	23288,3	2,6	490,7	166,1
24	479,7	475,3	22413,6	22888,9	2,4	459,6	165,9



**2.1.Pintu 2**

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	183,32	183,32	-111,62	71,7003	0,83	211,13	164,33
2	179,433	181,377	-109,52	71,852	0,83	211,39	164,33
3	179,711	179,572	-107,58	71,9929	0,83	211,64	164,33
4	175,822	177,767	-105,63	72,1338	0,83	211,88	164,33
5	180,544	178,183	-106,08	72,1013	0,83	211,83	164,33
6	179,916	180,23	-108,29	71,9415	0,83	211,55	164,33
7	176,36	178,138	-106,03	72,1049	0,83	211,83	164,33
8	183,32	179,84	-107,87	71,972	0,83	211,60	164,33
9	184,96	184,14	-112,5	71,6362	0,83	211,01	164,33
10	176,576	180,768	-108,87	71,8995	0,83	211,47	164,33
11	154,31	165,443	-92,347	73,096	0,84	213,56	164,34
12	138,6	146,455	-71,876	74,5785	0,85	216,15	164,35
13	138,6	138,6	-63,408	75,1918	0,85	217,22	164,35
14	138,6	138,6	-63,408	75,1918	0,85	217,22	164,35
15	125,544	132,072	-56,371	75,7015	0,85	218,11	164,35
16	132,878	129,211	-53,286	75,9249	0,85	218,50	164,35
17	206,767	169,822	-97,068	72,7541	0,83	212,97	164,33
18	275,211	240,989	-173,79	67,1977	0,80	203,26	164,30
19	372,11	323,661	-262,92	60,7431	0,75	192,00	164,25
20	474,05	423,08	-370,1	52,9809	0,70	178,44	164,20
21	481,33	477,69	-428,97	48,7172	0,67	171,00	164,17
22	545,353	513,342	-467,41	45,9336	0,65	166,14	164,15
23	470,854	508,104	-461,76	46,3426	0,65	166,85	164,15
24	479,743	475,299	-426,4	48,9038	0,67	171,33	164,17

**2.1 Pintu 3**

Waktu t	Inflow I	$(I1+I2)/2$	$\Psi 1$	$\Phi 2$	H	Outflow Q	EMAW
jam	m3/s	m3/s	m3/s	outflow	m	m3/s	
0							
1	183,32	183,32	608,948	792,268	0,12	57,54	163,62
2	179,433	181,377	610,474	791,85	0,12	56,96	163,62
3	179,711	179,572	611,89	791,462	0,12	56,42	163,62
4	175,822	177,767	613,307	791,074	0,12	55,87	163,62
5	180,544	178,183	612,98	791,163	0,12	56,00	163,62
6	179,916	180,23	611,374	791,604	0,12	56,61	163,62
7	176,36	178,138	613,016	791,154	0,12	55,98	163,62
8	183,32	179,84	611,68	791,52	0,12	56,50	163,62
9	184,96	184,14	608,305	792,445	0,12	57,79	163,62
10	176,576	180,768	610,951	791,719	0,12	56,77	163,62
11	154,31	165,443	622,98	788,423	0,11	52,17	163,61
12	138,6	146,455	637,883	784,338	0,10	46,47	163,60
13	138,6	138,6	644,049	782,649	0,09	44,11	163,59
14	138,6	138,6	644,049	782,649	0,09	44,11	163,59
15	125,544	132,072	649,172	781,245	0,09	42,15	163,59
16	132,878	129,211	651,418	780,629	0,09	41,29	163,59
17	206,767	169,822	619,543	789,365	0,11	53,49	163,61
18	275,211	240,989	563,684	804,673	0,16	74,86	163,66
19	372,11	323,661	498,796	822,456	0,21	99,69	163,71
20	474,05	423,08	420,762	843,842	0,28	129,55	163,78
21	481,33	477,69	377,899	855,589	0,31	145,95	163,81
22	545,353	513,342	349,916	863,258	0,33	156,66	163,83
23	470,854	508,104	354,027	862,131	0,33	155,09	163,83
24	479,743	475,299	379,775	855,074	0,31	145,24	163,81

**2.1 Pintu 4**

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	183,32	183,32	581,802	765,122	0,02	22,89	163,52
2	179,4333	181,377	583,615	764,991	0,02	22,66	163,52
3	179,7111	179,572	585,298	764,87	0,01	22,45	163,51
4	175,8222	177,767	586,983	764,749	0,01	22,24	163,51
5	180,5444	178,183	586,594	764,777	0,01	22,29	163,51
6	179,9156	180,23	584,684	764,914	0,01	22,53	163,51
7	176,36	178,138	586,636	764,774	0,01	22,28	163,51
8	183,32	179,84	585,048	764,888	0,01	22,48	163,51
9	184,96	184,14	581,037	765,177	0,02	22,99	163,52
10	176,5756	180,768	584,183	764,951	0,01	22,59	163,51
11	154,31	165,443	598,481	763,923	0,01	20,78	163,51
12	138,6	146,455	616,196	762,651	0,01	18,54	163,51
13	138,6	138,6	623,524	762,124	0,01	17,61	163,51
14	138,6	138,6	623,524	762,124	0,01	17,61	163,51
15	125,5444	132,072	629,615	761,687	0,01	16,84	163,51
16	132,8778	129,211	632,284	761,495	0,01	16,50	163,51
17	206,7667	169,822	594,395	764,217	0,01	21,30	163,51
18	275,2111	240,989	527,998	768,987	0,02	29,71	163,52
19	372,11	323,661	450,867	774,527	0,03	39,48	163,53
20	474,05	423,08	358,111	781,191	0,03	51,23	163,53
21	481,33	477,69	307,161	784,851	0,04	57,68	163,54
22	545,3533	513,342	273,898	787,24	0,04	61,89	163,54
23	470,8544	508,104	278,785	786,889	0,04	61,27	163,54
24	479,7433	475,299	309,392	784,69	0,04	57,40	163,54

### 3. Penulusuran banjir melalui waduk tahun 2015

#### 3.1 Pintu 1

Waktu t	Inflow I	$(I_1+I_2)/2$	$\Psi_1$	$\Phi_2$	H	Outflow Q	EMAW
jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	outflow	m	m <sup>3</sup> /s	
0							
1	191,3	191,3	19239,6	19430,9	1,0	191,0	164,5
2	170,2	180,8	19121,6	19302,3	1,0	181,0	164,5
3	170,2	170,2	19003,5	19173,7	0,9	171,0	164,4
4	170,2	170,2	19003,5	19173,7	0,9	171,0	164,4
5	170,2	170,2	19003,5	19173,7	0,9	171,0	164,4
6	157,4	163,8	18932,1	19095,9	0,9	165,0	164,4
7	153,5	155,5	18839,0	18994,5	0,8	157,1	164,3
8	185,3	169,4	18994,6	19164,0	0,9	170,3	164,4
9	180,8	183,0	19146,9	19329,9	1,0	183,2	164,5
10	164,6	172,7	19031,7	19204,4	0,9	173,4	164,4
11	161,6	163,1	18924,7	19087,8	0,9	164,3	164,4
12	154,9	158,3	18870,0	19028,3	0,8	159,7	164,3
13	146,8	150,8	18787,1	18938,0	0,8	152,7	164,3
14	151,3	149,0	18767,0	18916,0	0,8	151,0	164,3
15	182,3	166,8	18965,4	19132,2	0,9	167,8	164,4
16	201,8	192,0	19247,6	19439,7	1,0	191,7	164,5
17	301,6	251,7	19914,4	20166,1	1,3	248,1	164,8
18	392,1	346,9	20978,0	21324,8	1,8	338,1	165,3
19	448,3	420,2	21797,6	22217,8	2,2	407,5	165,7
20	492,2	470,3	22357,2	22827,4	2,4	454,9	165,9
21	474,1	483,2	22501,3	22984,5	2,5	467,1	166,0
22	391,5	432,8	21938,3	22371,1	2,2	419,4	165,7
23	373,9	382,7	21378,6	21761,3	2,0	372,0	165,5
24	333,6	353,8	21055,2	21409,0	1,8	344,7	165,3

**3.1 Pintu 2**

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	191,32	191,32	597,775	789,095	0,10	54,87	163,60
2	170,2	180,76	606,333	787,093	0,10	51,97	163,60
3	170,2	170,2	614,892	785,092	0,09	49,07	163,59
4	170,2	170,2	614,892	785,092	0,09	49,07	163,59
5	170,2	170,2	614,892	785,092	0,09	49,07	163,59
6	157,422	163,811	620,07	783,881	0,09	47,32	163,59
7	153,533	155,478	626,824	782,302	0,08	45,03	163,58
8	185,261	169,397	615,542	784,94	0,09	48,85	163,59
9	180,792	183,027	604,496	787,523	0,10	52,60	163,60
10	164,642	172,717	612,852	785,569	0,09	49,76	163,59
11	161,644	163,143	620,611	783,754	0,09	47,14	163,59
12	154,867	158,256	624,573	782,828	0,09	45,80	163,59
13	146,811	150,839	630,584	781,422	0,08	43,76	163,58
14	151,256	149,033	632,047	781,08	0,08	43,26	163,58
15	182,321	166,788	617,657	784,445	0,09	48,14	163,59
16	201,756	192,038	597,192	789,231	0,10	55,07	163,60
17	301,644	251,7	548,838	800,538	0,13	71,45	163,63
18	392,062	346,853	471,718	818,571	0,18	97,57	163,68
19	448,31	420,186	412,284	832,47	0,22	117,70	163,72
20	492,2	470,255	371,704	841,959	0,25	131,44	163,75
21	474,1	483,15	361,253	844,403	0,25	134,98	163,75
22	391,46	432,78	402,076	834,856	0,23	121,16	163,73
23	373,938	382,699	442,666	825,365	0,20	107,41	163,70
24	333,596	353,767	466,115	819,882	0,19	99,47	163,69

**3.1 Pintu 3**

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	191,32	191,32	581,252	772,572	0,04	34,38	163,54
2	170,2	180,76	590,723	771,483	0,03	32,58	163,53
3	170,2	170,2	600,193	770,393	0,03	30,77	163,53
4	170,2	170,2	600,193	770,393	0,03	30,77	163,53
5	170,2	170,2	600,193	770,393	0,03	30,77	163,53
6	157,422	163,811	605,923	769,734	0,03	29,68	163,53
7	153,533	155,478	613,397	768,875	0,03	28,25	163,53
8	185,261	169,397	600,913	770,311	0,03	30,63	163,53
9	180,792	183,027	588,69	771,717	0,03	32,96	163,53
10	164,642	172,717	597,936	770,653	0,03	31,20	163,53
11	161,644	163,143	606,522	769,666	0,03	29,56	163,53
12	154,867	158,256	610,906	769,161	0,03	28,73	163,53
13	146,811	150,839	617,557	768,396	0,03	27,46	163,53
14	151,256	149,033	619,177	768,21	0,03	27,15	163,53
15	182,321	166,788	603,253	770,042	0,03	30,19	163,53
16	201,756	192,038	580,608	772,646	0,04	34,50	163,54
17	301,644	251,7	527,101	778,801	0,05	44,70	163,55
18	392,062	346,853	441,764	788,618	0,06	60,97	163,56
19	448,31	420,186	375,997	796,183	0,08	73,51	163,58
20	492,2	470,255	331,093	801,348	0,08	82,07	163,58
21	474,1	483,15	319,528	802,678	0,09	84,27	163,59
22	391,46	432,78	364,702	797,482	0,08	75,66	163,58
23	373,938	382,699	409,617	792,315	0,07	67,10	163,57
24	333,596	353,767	435,564	789,331	0,06	62,15	163,56

**3.1 Pintu 4**

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	191,32	191,32	574,338	765,658	0,02	23,84	163,52
2	170,2	180,76	584,19	764,95	0,01	22,59	163,51
3	170,2	170,2	594,042	764,242	0,01	21,34	163,51
4	170,2	170,2	594,042	764,242	0,01	21,34	163,51
5	170,2	170,2	594,042	764,242	0,01	21,34	163,51
6	157,4222	163,811	600,003	763,814	0,01	20,59	163,51
7	153,5333	155,478	607,778	763,256	0,01	19,60	163,51
8	185,2611	169,397	594,791	764,188	0,01	21,25	163,51
9	180,7922	183,027	582,075	765,102	0,02	22,86	163,52
10	164,6422	172,717	591,694	764,411	0,01	21,64	163,51
11	161,6444	163,143	600,626	763,769	0,01	20,51	163,51
12	154,8667	158,256	605,186	763,442	0,01	19,93	163,51
13	146,8111	150,839	612,106	762,945	0,01	19,06	163,51
14	151,2556	149,033	613,79	762,824	0,01	18,84	163,51
15	182,3211	166,788	597,225	764,014	0,01	20,94	163,51
16	201,7556	192,038	573,668	765,706	0,02	23,92	163,52
17	301,6444	251,7	518,004	769,704	0,02	30,97	163,52
18	392,0622	346,853	429,228	776,082	0,03	42,22	163,53
19	448,31	420,186	360,811	780,997	0,03	50,89	163,53
20	492,2	470,255	314,097	784,352	0,04	56,80	163,54
21	474,1	483,15	302,067	785,217	0,04	58,33	163,54
22	391,46	432,78	349,061	781,841	0,03	52,37	163,53
23	373,9378	382,699	395,785	778,484	0,03	46,46	163,53
24	333,5956	353,767	422,778	776,545	0,03	43,04	163,53

#### 4.1 Penulusuran banjir melalui waduk tahun 2016

##### 4.1 Pintu 1

Waktu t	Inflow I	(I1+I2)/2	$\Psi_1$	$\Phi_2$	H	Outflow Q	EMAW
Jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	outflow	m	m <sup>3</sup> /s	
0							
1	570,0	570,0	23471,8	24041,8	2,9	549,2	166,4
2	521,2	545,6	23199,3	23744,9	2,8	526,1	166,3
3	494,7	508,0	22778,7	23286,7	2,6	490,6	166,1
4	468,2	481,5	22482,5	22964,0	2,5	465,5	166,0
5	454,4	461,3	22257,1	22718,4	2,4	446,4	165,9
6	398,1	426,2	21865,0	22291,2	2,2	413,2	165,7
7	394,1	396,1	21528,2	21924,3	2,0	384,7	165,5
8	468,2	431,2	21920,3	22351,4	2,2	417,9	165,7
9	376,9	422,6	21824,3	22246,9	2,2	409,8	165,7
10	354,0	365,4	21185,8	21551,2	1,9	355,7	165,4
11	288,6	321,3	20692,4	21013,7	1,7	314,0	165,2
12	325,1	306,9	20531,2	20838,1	1,6	300,3	165,1
13	321,1	323,1	20712,4	21035,5	1,7	315,7	165,2
14	320,2	320,7	20685,1	21005,8	1,7	313,3	165,2
15	307,4	313,8	20608,6	20922,4	1,6	306,9	165,1
16	273,3	290,3	20346,2	20636,5	1,5	284,7	165,0
17	257,1	265,2	20065,1	20330,3	1,4	260,9	164,9
18	257,1	257,1	19974,6	20231,7	1,3	253,2	164,8
19	221,8	239,4	19777,4	20016,8	1,3	236,5	164,8
20	248,1	235,0	19727,3	19962,2	1,2	232,3	164,7
21	278,9	263,5	20046,2	20309,7	1,4	259,3	164,9
22	274,3	276,6	20192,3	20468,9	1,4	271,6	164,9
23	271,6	272,9	20151,9	20424,9	1,4	268,2	164,9
24	277,1	274,4	20167,6	20442,0	1,4	269,5	164,9



**4.1 Pintu 2**

Waktu t	Inflow I	$(I1+I2)/2$	$\Psi1$	$\Phi2$	H	Outflow Q	EMAW
Jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	outflow	m	m <sup>3</sup> /s	
0							
1	569,98	569,98	290,879	860,859	0,30	158,82	163,80
2	521,22	545,6	310,638	856,238	0,29	152,13	163,79
3	494,72	507,97	341,137	849,107	0,27	141,80	163,77
4	468,22	481,47	362,614	844,084	0,25	134,52	163,75
5	454,374	461,297	378,964	840,261	0,24	128,98	163,74
6	398,061	426,218	407,395	833,613	0,22	119,35	163,72
7	394,104	396,083	431,819	827,902	0,21	111,08	163,71
8	468,22	431,162	403,388	834,55	0,23	120,71	163,73
9	376,941	422,581	410,343	832,923	0,22	118,36	163,72
10	353,954	365,448	456,648	822,096	0,19	102,67	163,69
11	288,646	321,3	492,429	813,729	0,17	90,55	163,67
12	325,123	306,884	504,112	810,997	0,16	86,60	163,66
13	321,062	323,093	490,976	814,068	0,17	91,05	163,67
14	320,242	320,652	492,954	813,606	0,17	90,38	163,67
15	307,372	313,807	498,501	812,309	0,17	88,50	163,67
16	273,279	290,326	517,533	807,858	0,15	82,05	163,65
17	257,08	265,179	537,913	803,093	0,14	75,15	163,64
18	257,08	257,08	544,477	801,557	0,14	72,92	163,64
19	221,79	239,435	558,778	798,213	0,13	68,08	163,63
20	248,119	234,954	562,41	797,364	0,13	66,85	163,63
21	278,854	263,487	539,285	802,772	0,14	74,68	163,64
22	274,272	276,563	528,687	805,25	0,15	78,27	163,65
23	271,62	272,946	531,618	804,564	0,15	77,28	163,65
24	277,08	274,35	530,481	804,831	0,15	77,66	163,65

### 4.1 Pintu 3

Waktu t	Inflow I	$(I1+I2)/2$	$\Psi1$	$\Phi2$	H	Outflow Q	EMAW
Jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	outflow	m	m <sup>3</sup> /s	
0							
1	569,98	569,98	241,656	811,636	0,10	99,11	163,60
2	521,22	545,6	263,521	809,121	0,10	94,95	163,60
3	494,72	507,97	297,269	805,239	0,09	88,51	163,59
4	468,22	481,47	321,035	802,505	0,09	83,98	163,59
5	454,374	461,297	339,127	800,424	0,08	80,53	163,58
6	398,061	426,218	370,587	796,805	0,08	74,54	163,58
7	394,104	396,083	397,613	793,696	0,07	69,39	163,57
8	468,22	431,162	366,153	797,315	0,08	75,38	163,58
9	376,941	422,581	373,849	796,43	0,08	73,92	163,58
10	353,954	365,448	425,088	790,536	0,07	64,15	163,57
11	288,646	321,3	464,681	785,981	0,06	56,60	163,56
12	325,123	306,884	477,61	784,494	0,06	54,14	163,56
13	321,062	323,093	463,074	786,166	0,06	56,91	163,56
14	320,242	320,652	465,262	785,915	0,06	56,49	163,56
15	307,372	313,807	471,401	785,208	0,06	55,32	163,56
16	273,279	290,326	492,46	782,786	0,05	51,31	163,55
17	257,08	265,179	515,012	780,192	0,05	47,01	163,55
18	257,08	257,08	522,276	779,356	0,05	45,62	163,55
19	221,79	239,435	538,101	777,536	0,04	42,61	163,54
20	248,119	234,954	542,119	777,074	0,04	41,84	163,54
21	278,854	263,487	516,531	780,017	0,05	46,72	163,55
22	274,272	276,563	504,803	781,366	0,05	48,95	163,55
23	271,62	272,946	508,047	780,993	0,05	48,34	163,55
24	277,08	274,35	506,788	781,138	0,05	48,58	163,55

**4.1 Pintu 4**

Waktu t	Inflow I	$(I1+I2)/2$	$\Psi1$	$\Phi2$	H	Outflow Q	EMAW
Jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	outflow	m	m <sup>3</sup> /s	
0							
1	569,98	569,98	221,056	791,036	0,05	68,59	163,55
2	521,22	545,6	243,802	789,402	0,04	65,71	163,54
3	494,72	507,97	278,91	786,88	0,04	61,26	163,54
4	468,22	481,47	303,634	785,104	0,04	58,13	163,54
5	454,3744	461,297	322,455	783,752	0,04	55,74	163,54
6	398,0611	426,218	355,183	781,401	0,03	51,60	163,53
7	394,1044	396,083	383,298	779,381	0,03	48,04	163,53
8	468,22	431,162	350,57	781,732	0,03	52,18	163,53
9	376,9411	422,581	358,577	781,157	0,03	51,17	163,53
10	353,9544	365,448	411,88	777,328	0,03	44,42	163,53
11	288,6456	321,3	453,069	774,369	0,03	39,20	163,53
12	325,1233	306,884	466,519	773,403	0,02	37,50	163,52
13	321,0622	323,093	451,397	774,489	0,03	39,41	163,53
14	320,2422	320,652	453,674	774,326	0,03	39,12	163,53
15	307,3722	313,807	460,06	773,867	0,03	38,31	163,53
16	273,2789	290,326	481,968	772,293	0,02	35,54	163,52
17	257,08	265,179	505,428	770,608	0,02	32,57	163,52
18	257,08	257,08	512,985	770,065	0,02	31,61	163,52
19	221,79	239,435	529,447	768,882	0,02	29,53	163,52
20	248,1189	234,954	533,628	768,582	0,02	29,00	163,52
21	278,8544	263,487	507,008	770,494	0,02	32,37	163,52
22	274,2722	276,563	494,808	771,371	0,02	33,91	163,52
23	271,62	272,946	498,182	771,128	0,02	33,49	163,52
24	277,08	274,35	496,873	771,223	0,02	33,65	163,52

## 5.1 Penelusuran banjir melalui waduk tahun 2017

### 5.1 Pintu 1

Waktu t	Inflow I	$(I1+I2)/2$	$\Psi1$	$\Phi2$	H	Outflow Q	EMAW
Jam	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	outflow	m	m <sup>3</sup> /s	
0							
1	177,8	177,8	19088,3	19266,1	0,9	178,2	164,4
2	185,6	181,7	19131,8	19313,4	1,0	181,9	164,5
3	181,6	183,6	19153,3	19336,9	1,0	183,7	164,5
4	185,5	183,6	19153,1	19336,7	1,0	183,7	164,5
5	181,9	183,7	19154,6	19338,3	1,0	183,8	164,5
6	185,5	183,7	19154,5	19338,2	1,0	183,8	164,5
7	185,5	185,5	19174,7	19360,2	1,0	185,5	164,5
8	214,8	200,2	19338,5	19538,7	1,1	199,4	164,6
9	249,3	232,0	19694,8	19926,8	1,2	229,5	164,7
10	185,5	217,4	19531,1	19748,5	1,1	215,7	164,6
11	182,7	184,1	19158,9	19343,0	1,0	184,2	164,5
12	156,8	169,7	18998,1	19167,8	0,9	170,6	164,4
13	148,4	152,6	18806,4	18959,0	0,8	154,3	164,3
14	144,7	146,6	18739,2	18885,8	0,8	148,6	164,3
15	189,1	166,9	18966,7	19133,6	0,9	167,9	164,4
16	182,2	185,6	19176,0	19361,6	1,0	185,6	164,5
17	139,1	160,6	18896,8	19057,4	0,9	162,0	164,4
18	146,8	142,9	18698,9	18841,8	0,8	145,2	164,3
19	203,2	175,0	19057,1	19232,1	0,9	175,6	164,4
20	355,3	279,2	20222,2	20501,4	1,5	274,2	165,0
21	360,4	357,8	21100,8	21458,7	1,9	348,5	165,4
22	389,9	375,2	21294,3	21669,5	1,9	364,9	165,4
23	415,7	402,8	21603,0	22005,8	2,1	391,0	165,6
24	415,7	415,7	21747,0	22162,7	2,1	403,2	165,6

**5.1 Pintu 2**

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	177,782	177,782	608,747	786,529	0,10	51,16	163,60
2	185,56	181,671	605,595	787,266	0,10	52,22	163,60
3	181,641	183,601	604,031	787,632	0,10	52,75	163,60
4	185,53	183,586	604,043	787,629	0,10	52,75	163,60
5	181,899	183,714	603,939	787,653	0,10	52,78	163,60
6	185,51	183,704	603,947	787,651	0,10	52,78	163,60
7	185,51	185,51	602,483	787,993	0,10	53,28	163,60
8	214,833	200,172	590,6	790,772	0,11	57,30	163,61
9	249,261	232,047	564,766	796,813	0,12	66,05	163,62
10	185,54	217,401	576,637	794,037	0,12	62,03	163,62
11	182,654	184,097	603,628	787,726	0,10	52,89	163,60
12	156,763	169,709	615,29	784,999	0,09	48,94	163,59
13	148,367	152,565	629,185	781,75	0,08	44,23	163,58
14	144,734	146,551	634,059	780,61	0,08	42,58	163,58
15	189,069	166,902	617,565	784,467	0,09	48,17	163,59
16	182,191	185,63	602,386	788,016	0,10	53,31	163,60
17	139,108	160,649	622,632	783,282	0,09	46,45	163,59
18	146,773	142,941	636,985	779,926	0,08	41,59	163,58
19	203,208	174,991	611,009	786	0,09	50,39	163,59
20	355,261	279,234	526,522	805,756	0,15	79,01	163,65
21	360,431	357,846	462,809	820,655	0,19	100,59	163,69
22	389,89	375,161	448,776	823,936	0,20	105,34	163,70
23	415,66	402,775	426,395	829,17	0,21	112,92	163,71
24	415,66	415,66	415,952	831,612	0,22	116,46	163,72

**5.1 Pintu 3**

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	177,782	177,782	593,393	771,176	0,03	32,07	163,65
2	185,56	181,671	589,906	771,577	0,03	32,73	163,65
3	181,641	183,601	588,175	771,776	0,03	33,06	163,65
4	185,53	183,586	588,189	771,774	0,03	33,06	163,65
5	181,899	183,714	588,073	771,788	0,03	33,08	163,65
6	185,51	183,704	588,082	771,787	0,03	33,08	163,65
7	185,51	185,51	586,463	771,973	0,03	33,39	163,65
8	214,833	200,172	573,314	773,485	0,04	35,89	163,65
9	249,261	232,047	544,727	776,774	0,04	41,34	163,65
10	185,54	217,401	557,862	775,263	0,04	38,84	163,60
11	182,654	184,097	587,73	771,827	0,03	33,15	163,65
12	156,763	169,709	600,634	770,343	0,03	30,69	163,65
13	148,367	152,565	616,009	768,574	0,03	27,76	163,65
14	144,734	146,551	621,403	767,954	0,03	26,73	163,65
15	189,069	166,902	603,152	770,053	0,03	30,21	163,65
16	182,191	185,63	586,355	771,985	0,03	33,41	163,65
17	139,108	160,649	608,759	769,408	0,03	29,14	163,65
18	146,773	142,941	624,641	767,581	0,03	26,11	163,65
19	203,208	174,991	595,897	770,888	0,03	31,59	163,65
20	355,261	279,234	502,407	781,642	0,05	49,41	163,55
21	360,431	357,846	431,905	789,752	0,06	62,85	163,56
22	389,89	375,161	416,377	791,538	0,07	65,81	163,57
23	415,66	402,775	391,612	794,387	0,07	70,53	163,57
24	415,66	415,66	380,056	795,716	0,07	72,73	163,57

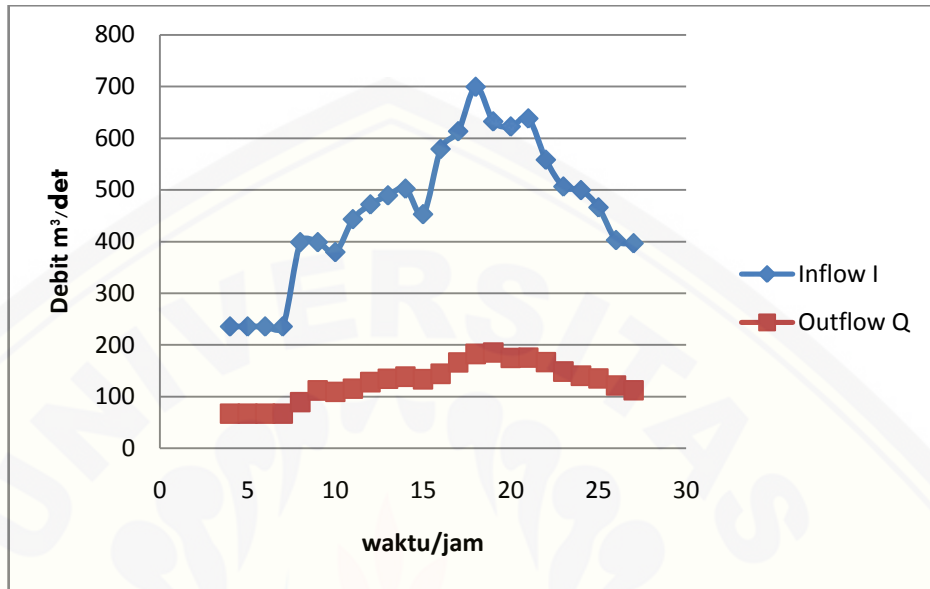
**5.1 Pintu 4**

Waktu t jam	Inflow I m <sup>3</sup> /s	(I1+I2)/2 m <sup>3</sup> /s	Ψ1 m <sup>3</sup> /s	Φ2 outflow	H m	Outflow Q m <sup>3</sup> /s	EMAW
0							
1	177,7822	177,782	586,968	764,75	0,01	22,24	163,51
2	185,56	181,671	583,34	765,011	0,02	22,70	163,52
3	181,6411	183,601	581,54	765,14	0,02	22,93	163,52
4	185,53	183,586	581,554	765,139	0,02	22,93	163,52
5	181,8989	183,714	581,434	765,148	0,02	22,94	163,52
6	185,51	183,704	581,443	765,147	0,02	22,94	163,52
7	185,51	185,51	579,758	765,268	0,02	23,15	163,52
8	214,8333	200,172	566,079	766,251	0,02	24,89	163,52
9	249,2611	232,047	536,34	768,387	0,02	28,65	163,52
10	185,54	217,401	550,005	767,406	0,02	26,92	163,52
11	182,6544	184,097	581,076	765,174	0,02	22,99	163,52
12	156,7633	169,709	594,5	764,209	0,01	21,29	163,51
13	148,3667	152,565	610,495	763,06	0,01	19,26	163,51
14	144,7344	146,551	616,107	762,657	0,01	18,55	163,51
15	189,0689	166,902	597,12	764,021	0,01	20,95	163,51
16	182,1911	185,63	579,646	765,276	0,02	23,17	163,52
17	139,1078	160,649	602,953	763,602	0,01	20,22	163,51
18	146,7733	142,941	619,475	762,415	0,01	18,12	163,51
19	203,2078	174,991	589,573	764,563	0,01	21,91	163,51
20	355,2611	279,234	492,315	771,55	0,02	34,23	163,52
21	360,4311	357,846	418,972	776,819	0,03	43,52	163,53
22	389,89	375,161	402,818	777,979	0,03	45,56	163,53
23	415,66	402,775	377,055	779,83	0,03	48,83	163,53
24	415,66	415,66	365,033	780,693	0,03	50,35	163,53

LAMPIRAN B Hidrograf Banjir

1. Tahun 2013

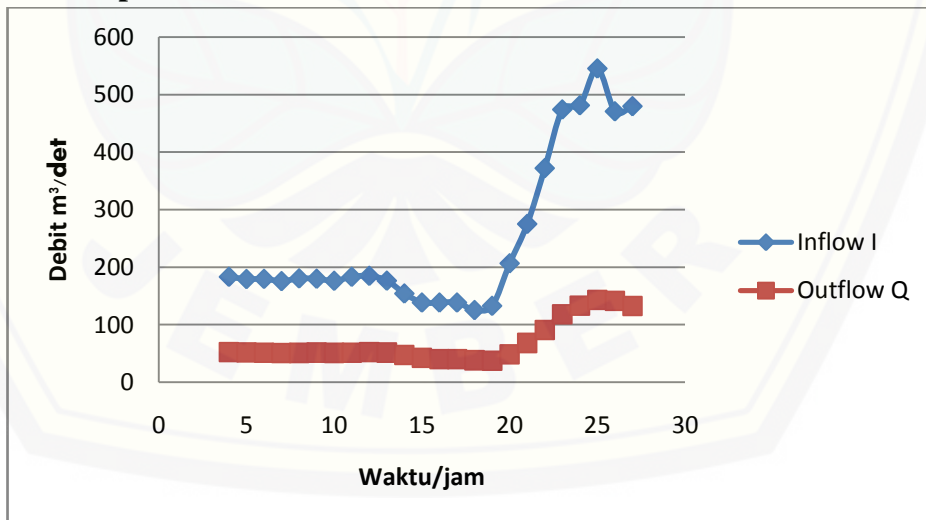
Bukaan pintu ke 2



Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan Desember

2. Tahun 2014

Bukaan pintu ke 2

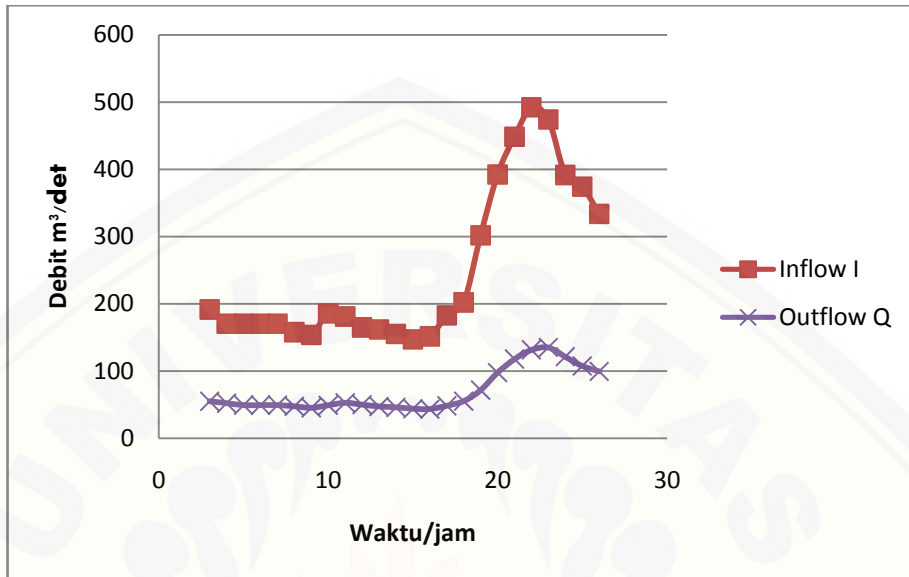


Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan Desember



3. Tahun 2015

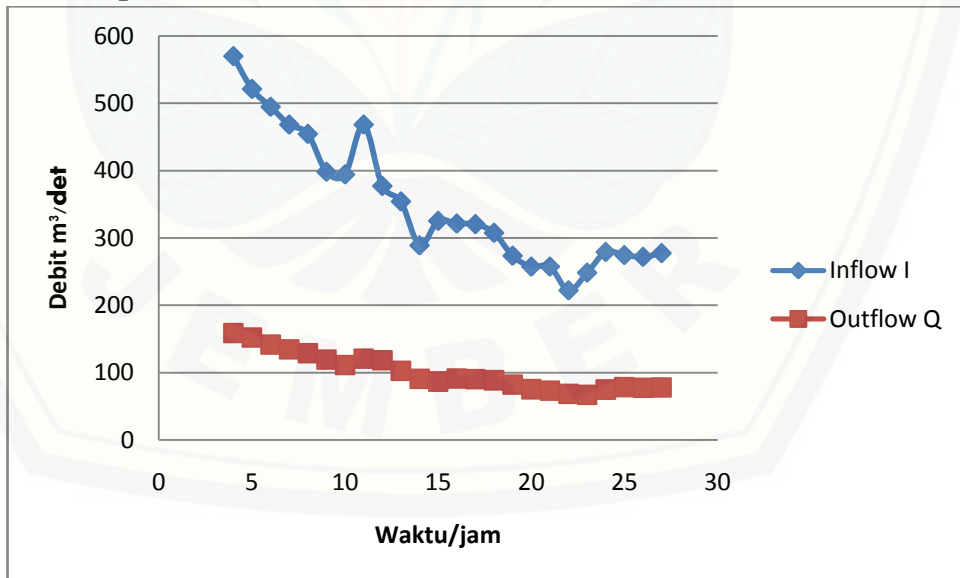
Bukaan pintu 2



Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan April

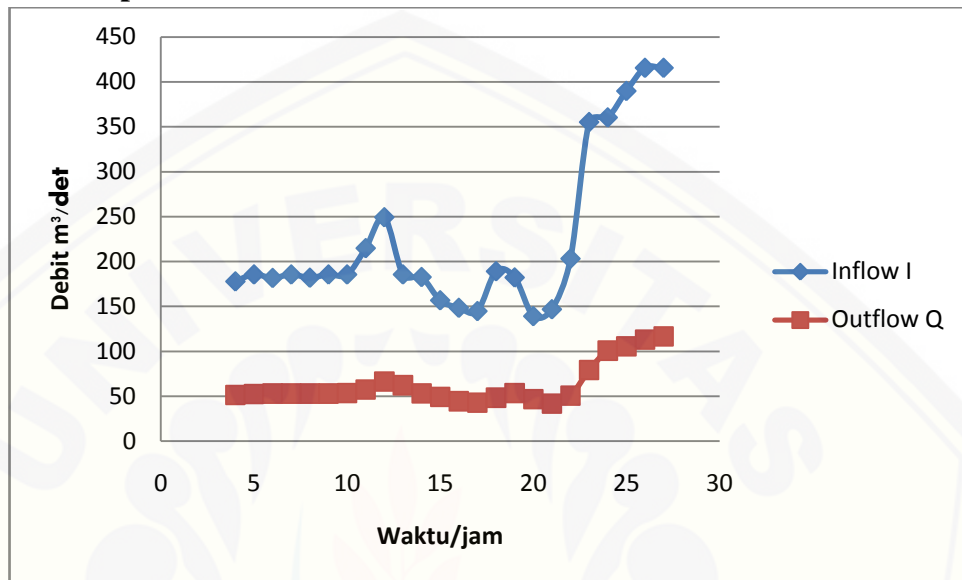
4. Tahun 2016

Bukaan pintu ke 2



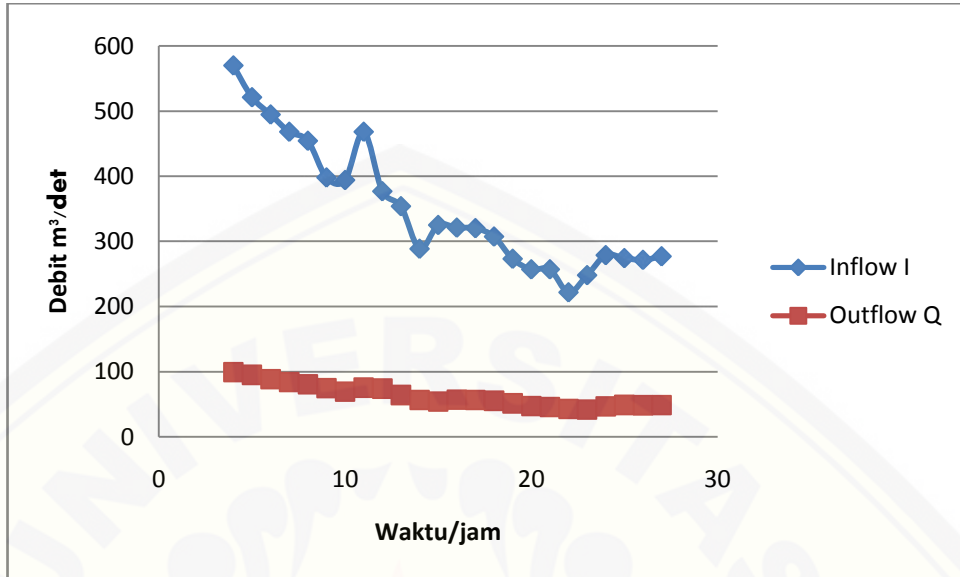
Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan November

5. Tahun 2017  
Bukaan pintu ke 2



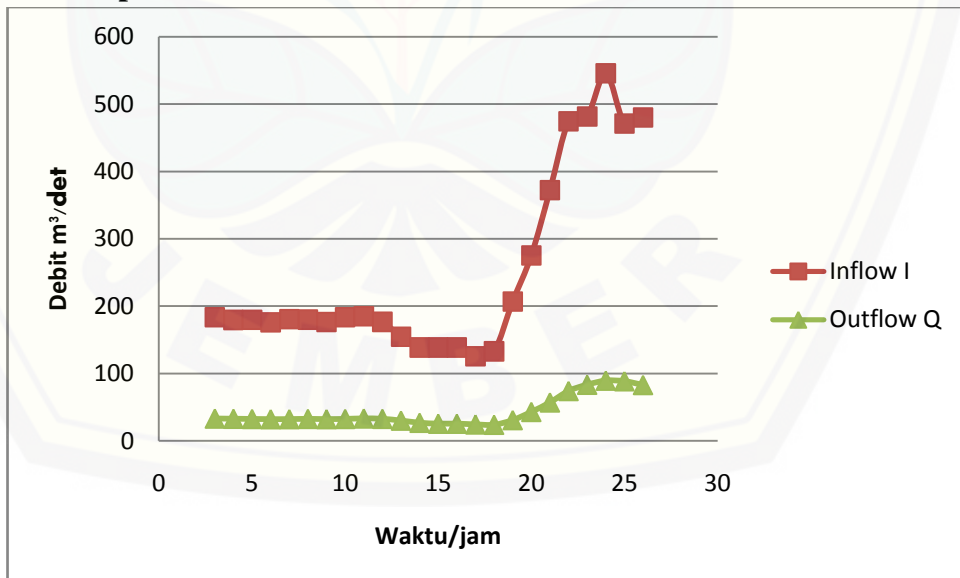
Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan Januari

1. Tahun 2013  
Bukaan pintu ke 3



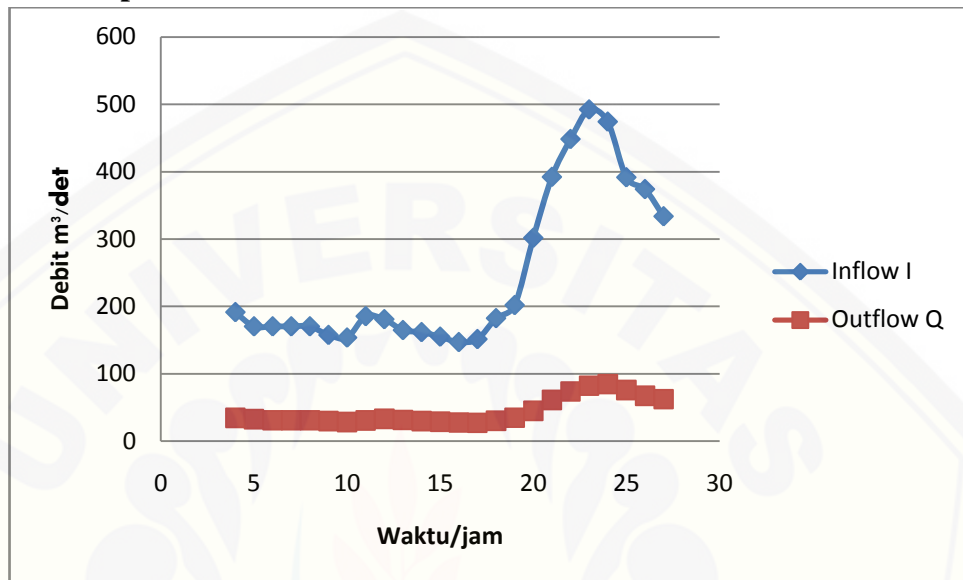
Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan Desember

2. Tahun 2014  
Bukaan pintu ke 3



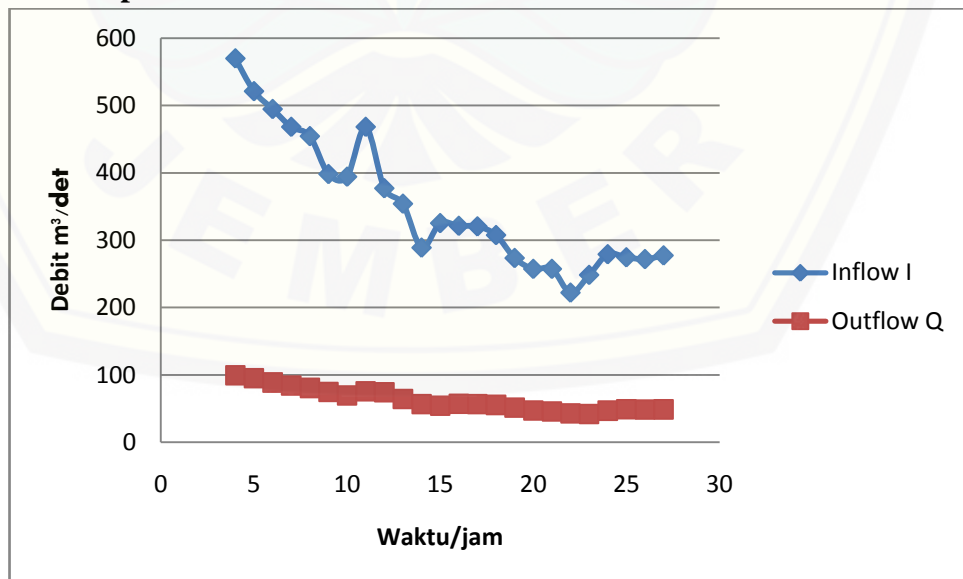
Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan Desember

**3. Tahun 2015**  
**Bukaan pintu ke 3**



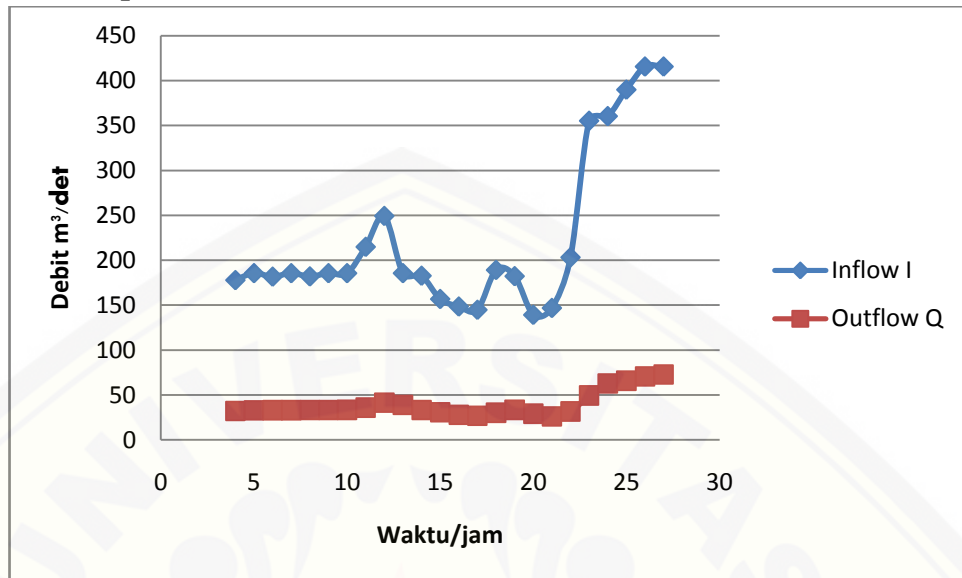
Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan April

**4. Tahun 2016**  
**Bukaan pintu ke 3**



Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan November

5. Tahun 2017  
Bukaan pintu ke 3



Hidrograf Banjir Inflow dan Outflow bulan Januari

**LAMPIRAN C Perhitungan Debit Pintu Radial**

Perhitungan debit pintu radial pada bukaan 0,25 m

Data perhitungan

Bukaan pintu = 0,25 m

Elevasi dasar pintu = 163,546 m

Percepatan gravitasi = 9,8 m<sup>2</sup>/det

Lebar pintu = 10,6 m

Elevasi	c	$h_1^{3/2}$	$h_2^{3/2}$	Q
162,00	0,61	24,948	23,860	24,516
162,05	0,61	25,167	24,076	24,589
162,10	0,61	25,387	24,293	24,662
162,15	0,61	25,608	24,511	24,734
162,20	0,61	25,830	24,729	24,806
162,25	0,61	26,052	24,948	24,878
162,30	0,61	26,274	25,167	24,950
162,35	0,61	26,498	25,387	25,021
162,40	0,61	26,721	25,608	25,092
162,45	0,61	26,946	25,830	25,164
162,50	0,61	27,171	26,052	25,234
162,55	0,61	27,397	26,274	25,305
162,60	0,61	27,623	26,498	25,376
162,65	0,61	27,850	26,721	25,446
162,70	0,61	28,078	26,946	25,516
162,75	0,61	28,306	27,171	25,586
162,80	0,61	28,535	27,397	25,656
162,85	0,61	28,765	27,623	25,725
162,90	0,61	28,995	27,850	25,794
162,95	0,61	29,226	28,078	25,864
163,00	0,61	29,457	28,306	25,933
163,05	0,61	29,689	28,535	26,001
163,10	0,61	29,921	28,765	26,070
163,15	0,61	30,154	28,995	26,138
163,20	0,61	30,388	29,226	26,207
163,25	0,61	30,623	29,457	26,275

Elevasi	c	$h1^{3/2}$	$h2^{3/2}$	Q
163,30	0,61	30,857	29,689	26,343
163,35	0,61	31,093	29,921	26,410
163,40	0,61	31,329	30,154	26,478
163,45	0,61	31,566	30,388	26,545
163,50	0,61	31,803	30,623	26,612
163,55	0,61	32,041	30,857	26,679
163,60	0,61	32,280	31,093	26,746
163,65	0,61	32,519	31,329	26,813
163,70	0,61	32,758	31,566	26,880
163,75	0,61	32,999	31,803	26,946
163,80	0,61	33,240	32,041	27,012
163,85	0,61	33,481	32,280	27,078
163,90	0,61	33,723	32,519	27,144
163,95	0,61	33,966	32,758	27,210
164,0	0,61	34,209	32,999	27,275
164,05	0,61	34,453	33,240	27,341
164,10	0,61	34,697	33,481	27,406
164,15	0,61	34,942	33,723	27,471
164,20	0,61	35,187	33,966	27,536
164,25	0,61	35,433	34,209	27,601
164,30	0,61	35,680	34,453	27,665
164,35	0,61	35,927	34,697	27,730
164,40	0,61	36,175	34,942	27,794
164,45	0,61	36,423	35,187	27,858
164,50	0,61	36,672	35,433	27,923