

## **PENINGKATAN FUNGSI BENDUNG PLUMBON-SEMARANG SEBAGAI PENGENDALI BANJIR**

Danang Dwi Admojo, M.Kurnia Hermawan, Salamun <sup>\*)</sup>, Dwi Kurniani <sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

### **ABSTRAK**

*Banjir yang terjadi belakangan ini sudah merupakan hal yang tiap waktu terjadi di berbagai daerah di Indonesia, tidak terkecuali di Semarang khususnya pada wilayah Mangkang. Peningkatan fungsi dari Bendung Plumbon yang sebelumnya hanya dibangun untuk kebutuhan irigasi menjadi bendung pengendali banjir diharapkan mampu mengurangi atau menanggulangi banjir yang terjadi tiap tahun pada area tersebut. Sungai Plumbon mempunyai panjang total 14,123 km dengan rata – rata kemiringan sungai (i) 0,0165. DAS Plumbon mempunyai luas sebesar 20,36 km<sup>2</sup>. Perencanaan peningkatan fungsi Bendung Plumbon menggunakan data curah hujan 12 tahun terakhir (tahun 2002 – tahun 2014) dengan 3 stasiun hujan yaitu Karang Tengah (33F), Mangkang Waduk (41C), Kaligading (20). Perhitungan debit banjir rencana diperoleh dengan periode ulang 20 tahun (Q<sub>20</sub>) sebesar 365,015 m<sup>3</sup>/det dengan metode HSS Gama I. Peningkatan fungsi untuk pengendalian banjir dilakukan dengan meninggikan tinggi mercu bendung, sehingga luas tampungan akan meningkat, dan dapat menurunkan debit yang melewati bendung tersebut. Bendung Plumbon menggunakan mercu bulat dengan tinggi mercu 8 m dan lebar efektif 17 m. Bendung Plumbon direncanakan dengan lantai muka sepanjang 9,0 m dan menggunakan kolam olak dengan panjang 16,5 m dengan tebal lantai kolam olak sebesar 2,5 m sedangkan kolam olak yang dipilih adalah tipe USBR tipe III.*

**kata kunci :** Bendung, Debit, Genangan, Pengendalian Banjir

### **ABSTRACT**

*Flood happened recently is already a thing happened each time in various regions in Indonesia, not least in Semarang, especially in the area Mangkang. Improved function of the weir Plumbon previously only built for irrigation becomes a flood control dam is expected to reduce or cope with floods that occur each year in these areas. Plumbon river has a total length of 14.123 km with the average slope of the river (i) 0.0165. Plumbon watershed has an area of 20.36 km<sup>2</sup>. Planning weir Plumbon increased functionality using rainfall data of the last 12 years (2002 - 2014) with 3 stations namely rain Middle Reef (33F), Mangkang Reservoir (41C), Kaligading (20). Calculation of flood discharge plan obtained with a return period of 20 years (Q<sub>20</sub>) of 365.015 m<sup>3</sup> / s with HSS method Gama I. Enhanced functions for flood control is done by raising the dam height lighthouse, so the catchment area will increase and may decrease the discharge passing through the dam , Plumbon weir using high lighthouse beacon round with 8 m wide and 17 m effective.*

---

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

*Plumbon weir is planned to advance along the floor of 9.0 m and use a pool megrim with length of 16.5 m with a thickness of 2.5 m pool floor megrim selected while the pool is the type USBR type III.*

**keywords:** *Weir, Discharge, Puddle, Flood Control*

**PENDAHULUAN**

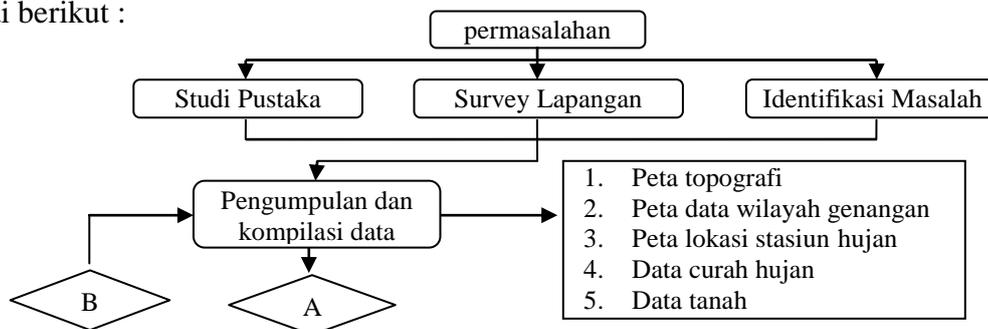
Banjir terjadi karena adanya dua faktor utama, yaitu faktor manusia dan faktor alam. Dari faktor manusia, antara lain disebabkan oleh penebangan hutan secara besar-besaran, perubahan daerah resapan menjadi daerah pemukiman, perawatan sistem drainase yang kurang baik dan seringnya masyarakat membuang sampah tidak pada tempatnya. Sedangkan faktor alam, antara lain disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi, sedimentasi di sepanjang aliran sungai, luas daerah tangkapan sungai, tekstur tanah dan morfologi sungai.

Fenomena ini terjadi di daerah hulu Sungai Plumbon, hal ini disebabkan karena buruknya kondisi lahan yang mengabaikan konservasi lahan. Sungai Plumbon adalah sebuah sungai yang terletak di Kelurahan Mangkang Kulon, Mangunharjo. Sungai ini mengalir dari Desa Darupodo sampai Mangkang Kulon. Sungai Plumbon mempunyai panjang total 14,123 km dengan rata – rata kemiringan sungai (*i*) 0,0165. Sementara itu, DAS Plumbon mempunyai luas sebesar 20,36 km<sup>2</sup>. Sungai Plumbon sudah mempunyai sebuah bendung di Desa Wonosari Kecamatan Ngaliyan yang memiliki ketinggian 10,5 meter dari permukaan air laut, berfungsi utama sebagai penyedia aliran air irigasi pada sawah yang berada di sekitarnya, akan tetapi bendung ini kurang efektif untuk mengendalikan banjir. Melihat dari kejadian tersebut, maka perlu dilakukan peningkatan fungsi Bendung Plumbon menjadi bendung pengendali banjir, salah satu caranya dengan peninggian mercu bendung, yang bertujuan untuk meningkatkan luas tampungan yang ada, sehingga dapat menurunkan debit banjir yang melalui bendung plumbon, sehingga dapat mengendalikan banjir di daerah tersebut.

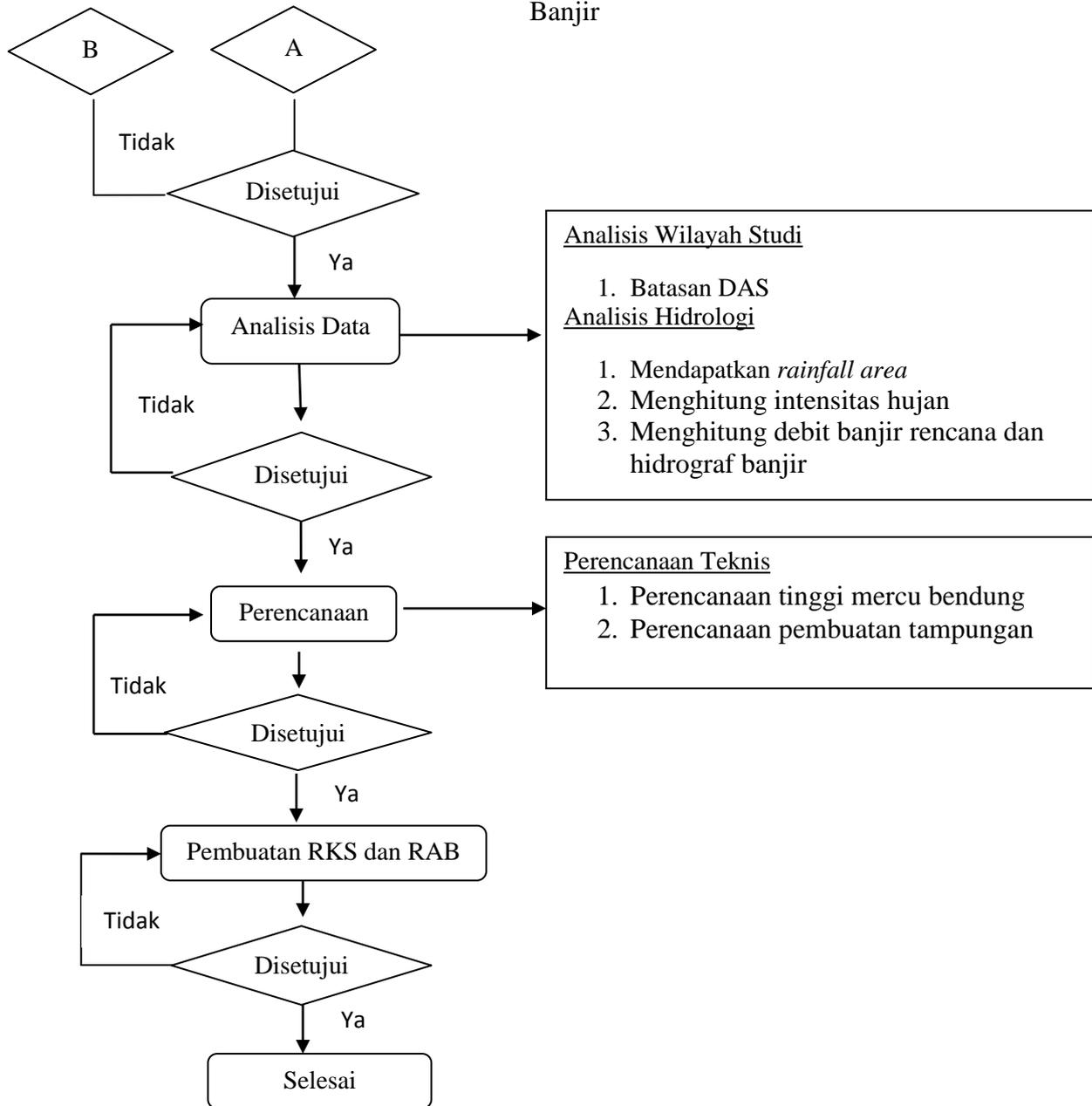
Mengacu pada uraian di atas, Permasalahan pada daerah sungai plumbon adalah tidak diperhatikanya konservasi dan tata guna lahan yang ada, serta kapasitas existing sungai yang tidak mampu lagi menahan limpasan air.

**METODOLOGI**

Metodologi yang digunakan dalam penulisan studi ini, dapat ditunjukkan dalam bagan alir sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Alir Perencanaan Peningkatan Bendung Plumbon Sebagai Pengendali Banjir



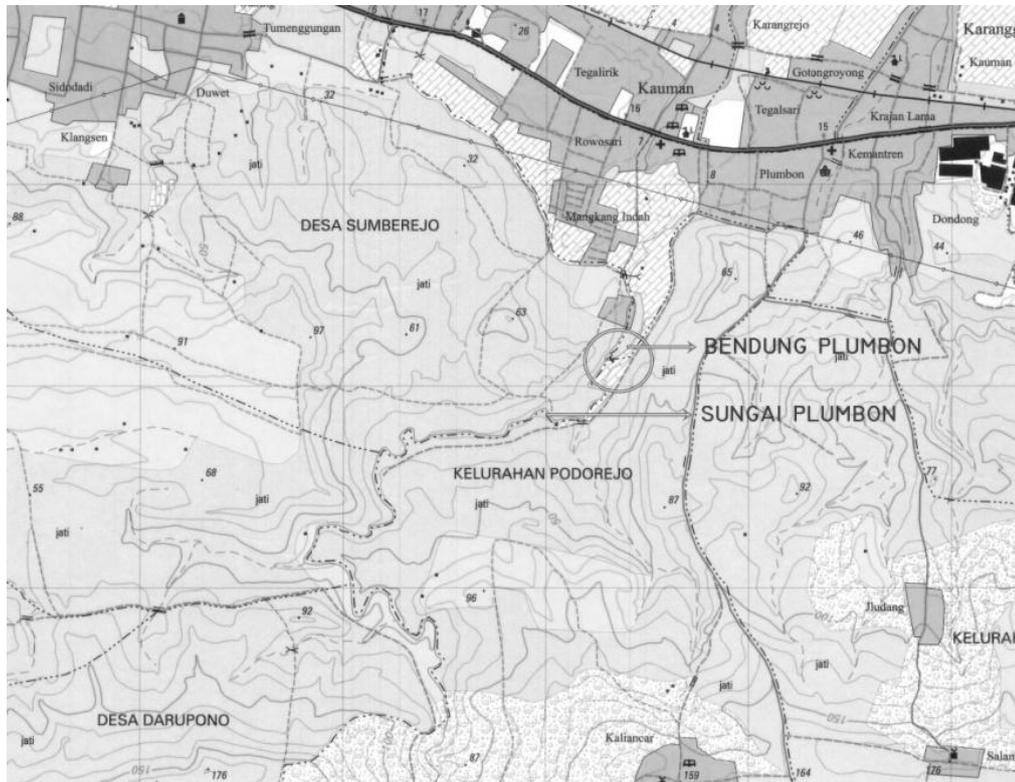
Gambar 1. Bagan Alir Perencanaan Peningkatan Bendung Plumbon Sebagai Pengendali Banjir (lanjutan)

## PEMBAHASAN

Dalam merencanakan peningkatan fungsi Bendung Plumbon sebagai pengendali banjir, terlebih dahulu harus dilakukan survey dan investigasi dari lokasi yang bersangkutan guna memperoleh data yang lengkap dan teliti.

Perencanaan peningkatan fungsi Bendung Plumbon ini terdapat tahap – tahap yang harus dilalui, salah satu di antaranya adalah tahap pengumpulan data. Untuk memudahkan

pengumpulan dan pengolahan data, data dikelompokkan menjadi 3 bagian meliputi data primer, data sekunder, dan data pendukung.



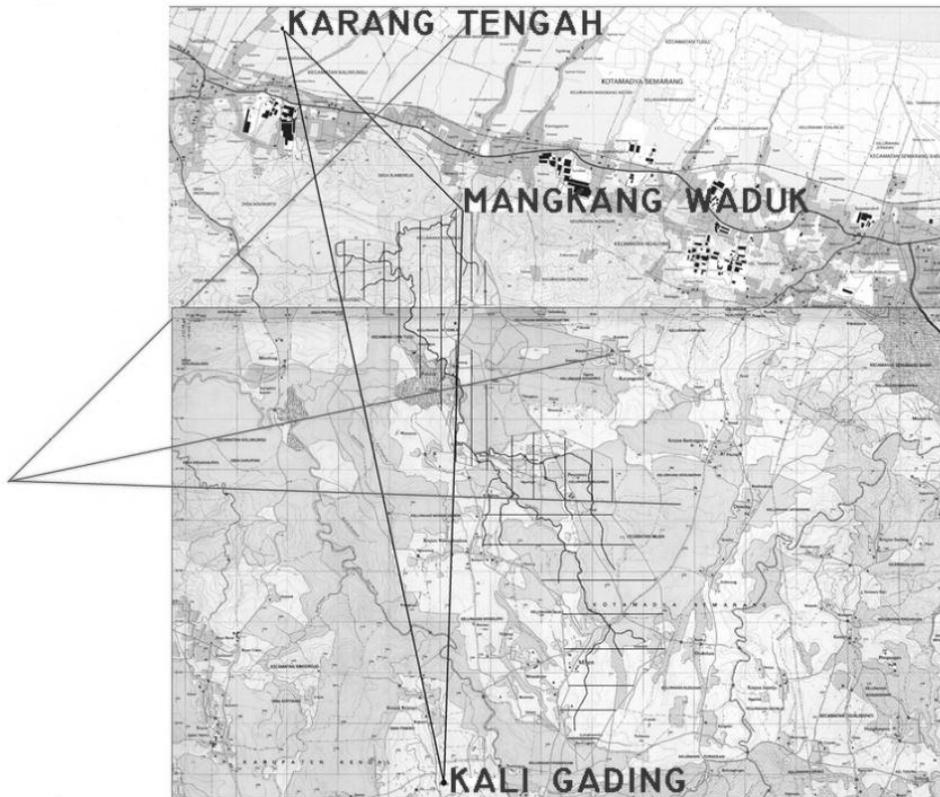
Gambar 2. Lokasi Bendung Plumbon

Studi pustaka digunakan sebagai dasar teori untuk menentukan garis besar proses perencanaan maupun mempermudah inventarisasi kebutuhan data. Dalam perencanaan pengendalian banjir di Sungai Plumbon ini memerlukan studi pustaka antara lain studi tentang banjir, analisis hidrologi, hidrolika, dan struktur.

### **Analisis Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan**

Analisis curah hujan rata-rata menggunakan metode *Thiessen* karena kondisi topografi dan jumlah stasiun yang memenuhi syarat digunakannya metode *Polygon Thiessen*. Ada tiga stasiun hujan yang berpengaruh dalam perhitungan yaitu stasiun Karang Tengah, stasiun Mangkang Waduk, dan stasiun Kaligading. Data hujan menggunakan data 13 tahun terakhir mulai tahun 2002 – 2014.

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan hanya ada 2 stasiun hujan yang berpengaruh yaitu Stasiun Mangkang Waduk dengan luas area  $15,96 \text{ km}^2$  (bobot 78,39%) dan Stasiun Kaligading dengan luas area  $4,40 \text{ km}^2$  (bobot 21,61%). Dengan mendapatkan besar koefisien dan luas pengaruh tiap tiap stasiun, curah curah hujan harian maksimum tahunan dapat dihitung. *Polygon Thiessen* untuk perencanaan Bendung Plumbon sebagai pengendali banjir dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Polygon Thiessen* DAS Plumbon

Hasil analisa curah hujan harian maksimum tahunan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

Tahun	Rmax (mm)
2002	60,58
2003	138,44
2004	150,94
2005	90,15
2006	172,37
2007	99,58
2008	86,29
2009	276,63
2010	105,04
2011	79,77
2012	78,01
2013	129,36
2014	97,20

Setelah dilakukan perhitungan parameter statistik, dilakukan pemilihan jenis analisa frekuensi yang akan digunakan dengan membandingkan persyaratan-persyaratan dengan hasil perhitungan yang ada. Berdasarkan persyaratan yang ada, maka metode distribusi

yang dipakai dalam perhitungan adalah metode *Log Pearson* Tipe III. Selanjutnya hasil perhitungan tersebut digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan. Metode yang digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan adalah metode *Rainfall Analysis in Java*. Hasil perhitungan intensitas curah hujan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Intensitas Curah Hujan Dalam Berbagai Periode Ulang

t (menit)	R2 (mm)	R5 (mm)	R10 (mm)	R20 (mm)	R50 (mm)	R100 (mm)	R1000 (mm)
	104,807	151,301	189,752	248,510	300,027	359,429	592,588
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	7,337	10,591	13,283	17,396	21,002	25,160	41,481
10	4,192	6,052	7,590	9,940	12,001	14,377	23,704
15	6,288	4,539	5,693	7,455	9,001	10,783	17,778
30	2,096	7,565	9,488	12,425	15,001	17,971	29,629
60	5,240	7,565	9,488	12,425	15,001	17,971	29,629
120	28,298	40,851	51,233	67,098	81,007	97,046	159,999
180	20,961	30,260	37,950	49,702	60,005	71,886	118,518
240	7,337	10,591	13,283	17,396	21,002	25,160	41,481
300	9,433	13,617	17,078	22,366	27,002	32,349	53,333
360	6,288	9,078	11,385	14,911	18,002	21,566	35,555
420	4,192	6,052	7,590	9,940	12,001	14,377	23,704
480	3,144	4,539	5,693	7,455	9,001	10,783	17,778
Total	104,807	151,301	189,752	248,510	300,027	359,429	592,588

### Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana sebagai dasar perencanaan Bendung Plumbon sebagai pengendali banjir ini dihitung menggunakan beberapa metode, diantaranya adalah metode *Haspers*, *FSR Jawa Sumatera*, *HSS Gama I*, *Rasional* dan *Passing Capacity*. Hasil perhitungan debit banjir rencana disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

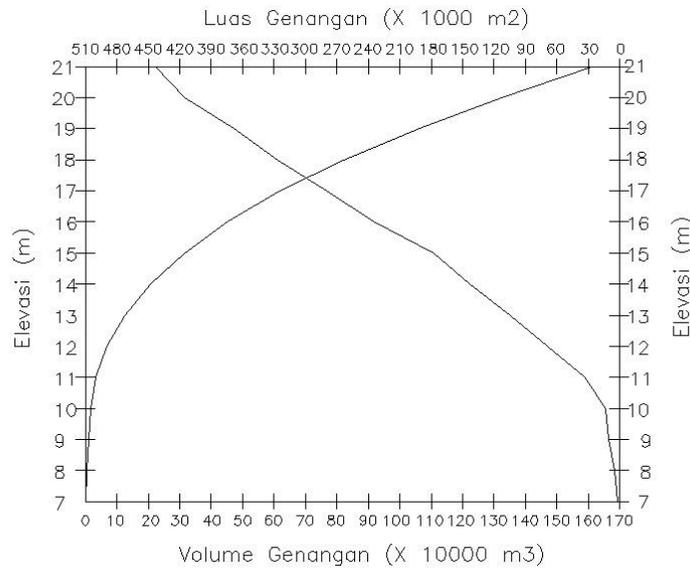
Periode Ulang	<i>Haspers</i> (m <sup>3</sup> /s)	<i>FSR</i> (m <sup>3</sup> /s)	<i>HSS Gama I</i> (m <sup>3</sup> /s)	<i>Rasional</i> (m <sup>3</sup> /s)	<i>Passing Capacity</i> (m <sup>3</sup> /s)
2	95,3921	7,9532	133,7255	704,5865	310,070
5	137,7093	24,9810	194,7730		
10	172,7063	52,9637	262,1128		
20	226,1852	123,4406	365,0150		
50	273,0748	244,9928	455,2383		
100	327,1406	449,9928	559,2695		
1000	539,3543	2572,2505	967,6032		

Dari Tabel 3, didapatkan hasil yang berbeda dari 5 metode yang sudah dilakukan dengan menggunakan rumus pendekatan. Debit yang didapatkan dari metode pendekatan kemudian dibandingkan dengan debit yang dihasilkan dari metode *Passing Capacity* sebesar 310,070 m<sup>3</sup>/det. Berdasarkan hasil yang didapat dari metode *Passing Capacity* dan

pertimbangan untuk perhitungan yang menggunakan parameter dalam hitungan jam – jaman, maka debit banjir rencana yang paling mendekati dan dengan mempertimbangkan faktor keamanan pembuatan bendung / pelimpah adalah debit banjir dengan Metode HSS Gama I periode ulang 20 tahun yaitu sebesar 365,0150 m<sup>3</sup>/det.

**Hubungan Elevasi, Luas, dan Volume Tampungan**

Perhitungan ini didasarkan pada peta dengan skala 1 : 1000 dan beda tinggi kontur 1 m dengan mencari luas permukaan genangan dan tampungan yang dibatasi garis kontur. Kemudian dicari volume yang dibatasi oleh dua garis kontur yang berurutan dengan menggunakan persamaan pendekatan volume. Selanjutnya grafik hubungan elevasi, luas, dan volume tampungan ini digunakan untuk perhitungan penelusuran banjir (*flood routing*).



Gambar 4. Grafik Hubungan Elevasi, Luas, dan Volume Tampungan

**Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)**

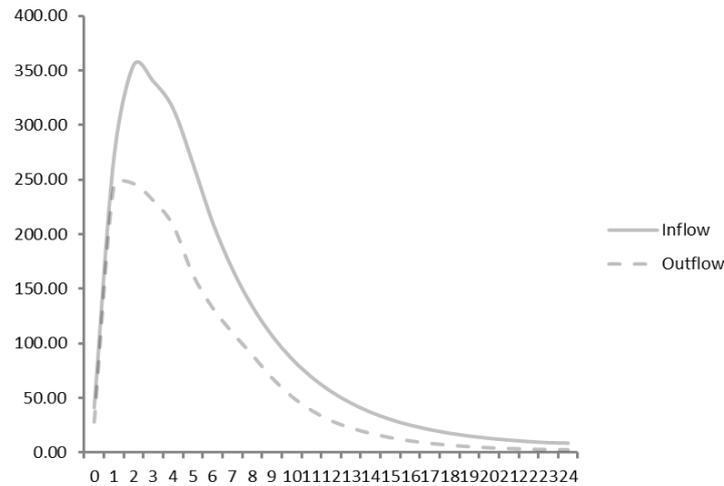
Penelusuran banjir (*flood routing*) digunakan untuk mengetahui besarnya penurunan debit banjir yang melewati Bendung Plumbon setelah dilakukannya peninggian mercu bendung. Penentuan elevasi mercu pelimpah menggunakan grafik hubungan elevasi dengan luas dan volume tampungan.

Debit yang melimpah melalui pelimpah diperhitungkan atas dasar debit banjir rencana dengan periode ulang 20 tahun metode HSS Gamma 1. Dalam hal ini pelimpah ditetpkan bentuk Ogee tipe terbuka dengan :

- Cd = 1,3
- B (lebar bendung) = 18 m
- Q<sub>20</sub> = 365,015 m<sup>3</sup>/dtk

Dari hasil penelusuran banjir (*flood routing*) pada Gambar 5, elevasi rencana pelimpah yang digunakan adalah tampungan dengan elevasi 15 m, dengan pemotongan debit sebesar

=  $365.01 - 246.35 = 118.66 \text{ m}^3/\text{s}$ . Selanjutnya hasil debit banjir hasil *flood routing* sebesar  $246.35 \text{ m}^3/\text{s}$  digunakan sebagai dasar perhitungan hidrolika dan struktur bendung.



Gambar 5. Grafik *Flood Routing* Periode Ulang 20 Tahun

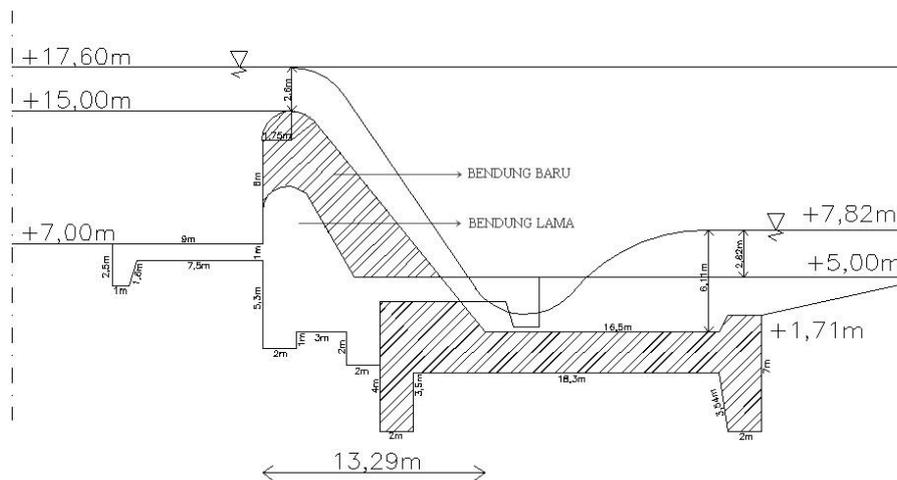
### Analisis Hidrolika Bendung

Analisis hidrolika dimaksudkan untuk mengetahui kondisi hidrolika pada Bendung Plumbon meliputi perhitungan tinggi air di hilir bendung, lebar efektif bendung, tinggi air banjir di atas mercu, dan dimensi mercu. Berikut adalah hasil perhitungan hidrolika :

- El. muka air hilir = +7,82 m
- El. muka air normal = +15,00 m
- El. muka air banjir = +17,60 m
- El. dasar bendung = +17,60 m
- Lebar mercu = 18 m

### Kolam Olak

Kolam olak adalah suatu bangunan di hilir bendung yang berfungsi untuk meredam energi yang timbul di dalam aliran air superkritik yang melewati pelimpah. Kolam olak yang digunakan pada perencanaan bendung Plumbon ini adalah kolam olak type USBR tipe III. Direncanakan panjang kolam olak sepanjang 16,5 m dan tebal lantai kolam olak 2,5 m.



Gambar 6. Rencana Dimensi Kolam Olak

### **Analisis Stabilitas Bendung**

Analisis stabilitas bendung berdasarkan teori yang ada dihitung pada 2 kondisi yaitu kondisi normal dan kondisi banjir. Ada beberapa gaya yang harus dihitung untuk mengetahui stabilitas bendung meliputi gaya berat sendiri, gaya hidrostatis, gaya angkat, gaya gempa, gaya tekanan aktif dan pasif. Selanjutnya gaya – gaya tersebut dianalisa terhadap guling, geser, eksentrisitas, dan keamanan terhadap tekanan tanah.

Dari hasil perhitungan didapat :

- Kondisi normal
  - Guling;  $2,75 > 1,5$  (aman)
  - Geser;  $1,87 > 1,5$  (aman)
  - Eksentrisitas;  $2,02 < 2,16$  (aman)
  - Tekanan tanah;  $39,30 \text{ t/m}^2 < 41 \text{ t/m}^2$  (aman) ;  $2,14 \text{ t/m}^2 < 41 \text{ t/m}^2$  (aman)
- Kondisi banjir
  - Guling;  $4,24 > 1,5$  (aman)
  - Geser;  $1,57 > 1,5$  (aman)
  - Eksentrisitas;  $0,91 < 2,22$  (aman)
  - Tekanan tanah;  $37,49 \text{ t/m}^2 < 41 \text{ t/m}^2$  (aman) ;  $15,65 \text{ t/m}^2 < 41 \text{ t/m}^2$  (aman)

### **Tinggi Timbunan**

Tinggi jagaan dapat ditentukan, hasilnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_f &= 1,495 + 0,141 + 0,5 \\ &= 2,141 \text{ m} \approx 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil *flood routing* didapat elevasi muka air banjir (MAB) +18,578 m dpl.

$$\begin{aligned} \text{Maka tinggi timbunan H} &= \text{Elv. (MAB)} - \text{Elv. dasar kolam} + \text{tinggi jagaan} \\ &= (+18,578) - (+7) + (3) \\ &= 14,578 \text{ m} \approx 15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Elevasi puncak mercu timbunan} = (+7) + 15,00 = (+22,00) \text{ m dpl.}$$

### **Panjang Timbunan**

Panjang timbunan adalah panjang seluruh panjang mercu timbunan yang bersangkutan.

Maka panjang timbunan adalah  $148,656 \text{ m} \approx 150 \text{ m}$ .

### **Lebar Mercu Timbunan**

Lebar mercu timbunan minimum dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B &= 3,6 H^{1/3} - 3,0 \\ &= 3,6 (15)^{1/3} - 3,0 \\ &= 5,87 \text{ m} \approx 6 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus tersebut di atas, direncanakan lebar mercu timbunan  $B = 6 \text{ m}$ .

### **Stabilitas Tubuh Timbunan Terhadap Longsor**

Stabilitas lereng timbunan ditinjau dalam tiga keadaan, yaitu pada saat muka air timbunan mencapai elevasi penuh, timbunan baru selesai dibangun dan belum dialiri air, dan pada saat air timbunan mengalami penurunan mendadak (*Rapid Drawdown*). Perhitungan menggunakan metode irisan bidang miring.

Tabel 2. Rekapitulasi Stabilitas Timbunan Terhadap Longsor

Kondisi	Angka Keamanan		Syarat	Keterangan	
	Hulu	Hilir		Hulu	Hilir
Baru selesai di bangun	1,261	1,361	1,2	Aman	Aman
Mencapai elevasi penuh	1,264	-	1,2	Aman	-
Mengalami penurunan mendadak	1,698	-	1,2	Aman	-

### **Rencana Anggaran Biaya**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya suatu konstruksi berdasarkan gambar rencana. Tujuan pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah untuk memberikan gambaran mengenai bentuk, besar biaya, pelaksanaan dan penyelesaian dari proyek Peningkatan Fungsi Bendung Plumbon Sebagai Pengendali Banjir. Pekerjaan yang dilakukan dalam proyek ini meliputi pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, dan pekerjaan pemasangan.

Metode perhitungan RAB menggunakan sistem *unit price* dan menggunakan analisa harga satuan Kota Semarang tahun 2014. Rencana waktu pembangunan yang diperlukan adalah 200 hari dengan total anggaran Rp2.740.602.000,00 (Dua Milyar Tujuh Ratus Empat Puluh Juta Enam Ratus Dua Ribu Rupiah).

### **KESIMPULAN**

Setelah melakukan pengolahan data secara keseluruhan dalam Laporan Tugas Akhir ini kesimpulan yang di dapat adalah:

- a. Debit banjir rencana metode HSS-Gama I periode ulang 20 th sebesar 365 m<sup>3</sup>/dt.
- b. Elevasi mercu bendung direncanakan +15m.
- c. Stabilitas bendung dan stabilitas lereng tampungan memenuhi persyaratan angka keamanan.
- d. Rencana anggaran biaya sebesar Rp 2.740.602.000,00 dengan durasi pekerjaan 200 hari.

### **SARAN**

Berikut adalah saran yang diberikan :

- a. Perbaiki fungsi DAS di hulu Sungai Plumbon.
- b. Operasi yang terkoordinasi dengan baik dan pemeliharaan.
- c. Perbaiki fungsi stasiun hujan pada DAS Plumbon dan sekitarnya.
- d. Partisipasi masyarakat dalam pembinaan, pengendalian dan penanggulangan terhadap banjir.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Das, Braja M, 1998. *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum, 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan*. Jakarta: Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- , 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 02*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- , 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 03*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- , 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 04*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- , 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 06*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Harto, Sri B.R. 1993. *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Loebis, Joesron, 1992. *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Soemarto, C.D, 1995. *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data)*.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda, 1999. *Hidrologi untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta..