

PERENCANAAN BENDUNG PROGO JUMO, SUNGAI PROGO KABUPATEN TEMANGGUNG

Bhre Brahmasta I, Lintang Jata A
Sri Eko Wahyuni, Dwi Kurniani

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

ABSTRAK

Bendung Progo Jumo terletak di Sungai Progo, Kabupaten Temanggung. Bendung Progo Jumo hanya melayani daerah irigasi (D.I) di bagian kiri Sungai Progo seluas 1278 Ha. Debit pengambilan maksimum sebesar 1,942 m³/dt. Debit andalan Sungai Progo diperhitungkan sebesar 20% kering dengan metode *FJ. Mock*. Debit banjir rencana diperoleh dari metode HSS Gama I yaitu sebesar 186,041 m³/s dengan periode ulang 100 tahun ($Q_{100} = 186,041 \text{ m}^3/\text{s}$). Bendung ini menggunakan tipe mercu bulat dengan tinggi 4,85 m dan elevasi mercu +713,07 m dari muka air laut. Lebar efektif bendung 39 m dan panjang lantai muka 8 m. Bendung ini menggunakan kolam olak *USBR* tipe III dengan panjang 8 m. Pintu pembilas sebanyak 4 pintu dengan lebar tiap pintu 1,5 m. Rencana waktu pelaksanaan proyek adalah 42 minggu dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp 13.210.231.000,00.

kata kunci : bendung, irigasi, debit andalan, kebutuhan air, debit banjir rencana

ABSTRACT

Progo Jumo Weir is located on Progo River, Temanggung Regency. Progo Jumo Weir only serve the irrigation area in the left side of Progo River that formerly are rainfed rice field with 1.278 Ha wide. The maksimum intake discharge is 1,942 m³/sec. FJ Mock method is used to calculate the dependable discharge of Progo river at 20% dry. Designed flood discharge calculated from HSS Gama I method is 186,041 m³/sec for 100 years return period ($Q_{100} = 186,041 \text{ m}^3/\text{sec}$). Rounded weir head with 4,85 m in height and +713,07 m from mean sea level is used. The weir is 39 m in effective width and the length of upstream apron floor is 8 m. . This weir use USBR Type III stilling basin with 8 m in length. The flushing gate uses four gates each 1,5 m in width. The implementation of this project is 42 weeks and the budget plan is Rp. 13.210.231.000,00

keywords : weir, irrigation, dependable discharge, water requirement, flood discharge

PENDAHULUAN

Air merupakan faktor yang sangat penting bagi seluruh unsur kehidupan. Seluruh makhluk hidup di muka bumi membutuhkan air untuk kehidupannya, begitu juga dengan manusia. Manusia membutuhkan air dalam bentuk air baku yang dapat langsung digunakan untuk minum, masak, mandi, mencuci, dan kegiatan rumah tangga lainnya. Seperti yang kita ketahui makanan pokok masyarakat Indonesia bagian Barat adalah nasi yang berasal dari tumbuhan padi. Oleh sebab itu tumbuhan padi perlu dijaga kelangsungan hidupnya dengan cara menjaga ketersediaan air selama proses pengolahan tanah hingga masa panen tiba.

maksimum harian DAS dengan Metode *Polygon Thiessen*. Metode *Polygon Thiessen* adalah suatu metode yang memasukkan faktor daerah pengaruh pada masing-masing stasiun hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien *Thiessen*. Pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien bobot *Thiessen* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut : (CD. Soemarto, 1999)

$$C_i = \frac{A_i}{A_{total}}$$

- Pemilihan Jenis Sebaran

Metode analisis distribusi yang digunakan untuk menganalisis besar curah hujan rencana harus memenuhi beberapa parameter yang menjadi syarat penggunaan suatu metode distribusi, dari tabel tersebut ditunjukkan beberapa nilai C_s , C_v dan C_k yang menjadi syarat penggunaan metode-metode distribusi, nilai – nilai tersebut lalu di bandingkan dengan syarat yang ada guna melakukan pemilihan jenis sebaran. Untuk perencanaan Bendung Progo Jumo menggunakan pemilihan sebaran metode *Log Pearson Tipe III*.

- Uji Keselarasan Distribusi

Pengujian keselarasan distribusi digunakan metode Uji *Chi-Kuadrat (Chi-Square Test)* dan *Smirnov-Kolmogorof*. Pengujian keselarasan suatu distribusi sebaran data curah hujan dengan menggunakan metode uji *Chi Kuadrat (Chi-Square Test)*, digunakan rumus sebagai berikut :

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Uji keselarasan *Smirnov-Kolmogorof* digunakan untuk menguji simpangan secara horizontal, yaitu merupakan selisih simpangan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris (Do). Langkah-langkah pengujian *Smirnov-Kolmogorof* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

1. Data diurutkan (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan juga besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
2. Nilai masing-masing peluang teoritis ditentukan dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
3. Kedua nilai peluang ditentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorof Test*) dapat digunakan untuk mencari harga Dcr.

- Intensitas Curah Hujan

Metode analisis curah hujan yang dapat digunakan untuk data harian adalah metode *Dr. Mononobe*, dengan rumus :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}}$$

- Analisis Debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan adalah :

Metode Rasional, dirumuskan :

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot f \cdot r \cdot A$$

Metode *Haspers*, dirumuskan :

$$Qt = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A$$

Metode FSR Jawa dan Sumatera, dirumuskan :

$$Q_t = GF_{(T, AREA)} \times MAF$$

Metode Hidrograf Satuan Sintetik Gamma 1 :

$$Q_p = 0.1836A^{0.5886} \cdot Tr^{-0.4008} \cdot JN^{0.2381}$$

Metode *Passing capacity* :

$$Q = Cd \cdot 2/3 \cdot (2/3 \cdot g)^{0.5} \cdot Be \cdot H_1^{1.5}$$

- Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan tanaman, dirumuskan :

$$I_r = ET_c + P - R_e + WLR$$

di mana :

E_{tc} = Penggunaan konsumtif, (mm) = $kc \times E_{To}$, kc merupakan koefisien tanaman yang digunakan yaitu varietas padi unggul menurut *FAO*, sementara untuk palawija digunakan koefisien tanaman jagung. E_{To} merupakan *evapotranspirasi* potensial yang dihitung dengan metode *Penman Modifikasi* dengan rumus :

$$E_{To} = \frac{(\Delta \cdot H/60 + 0,49 \cdot E_a)}{(\Delta + 0,49)}$$

P = Kehilangan air akibat *perkolasi*, mm/hari.

R_e = Curah hujan efektif, mm/hari. Untuk tanaman padi digunakan curah hujan efektif probabilitas 80 % dengan rumus : $R_{80} = (n/5) + 1$. Sementara itu curah hujan efektif yang terjadi harus dikalikan dengan faktor hujan yang dipengaruhi banyaknya golongan padi yang ditanam yakni 2 golongan padi. Pada tanaman palawija digunakan curah hujan efektif dengan probabilitas 50 % yang diperoleh dengan rumus : $R_{50} = (n/2) + 1$, kemudian dikoreksi terhadap tabel Curah Hujan Efektif Rata-rata Bulanan dikalikan dengan ET Tanaman Rata-rata dan Curah Hujan *Mean*.

e = Efisiensi irigasi, pada jaringan tersier = 1.25, jaringan sekunder = 1.15 dan pada jaringan primer sebesar = 1.11.

WLR = Penggantian lapisan air, mm/hari

- Analisis Debit Andalan

Dimaksudkan untuk mencari nilai kuantitatif debit yang tersedia sepanjang tahun, baik pada musim penghujan maupun musim kemarau, dihitung dengan cara mentransformasikan data hujan menjadi data debit. Metode yang digunakan untuk mentransformasikan data hujan menjadi data debit pada perhitungan ini adalah dengan Metode *F.J Mock*. Debit andalan Sungai Progo diperhitungkan sebesar 20% kering dengan metode *F.J. Mock*

Analisis Hidrolis

- Perencanaan Mercu Bulat

Tipe mercu Bendung Progo Jumo digunakan tipe mercu bulat, sehingga besar jari-jari mercu bendung $(R) = 0,1H_1 - 0,7H_1$. (Kriteria Perencanaan Irigasi KP-02). Untuk perencanaan ditetapkan sebesar $(R) = 0.4 H_1$.

- Perencanaan Kolam Olak

Perhitungan kolam olak direncanakan pada saat banjir dengan Q_{100} . Pengecekan apakah kolam olak diperlukan atau tidak maka perlu dicari nilai Fr (*Froude*).

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g * Y_1}} \quad (\text{Standar Perencanaan Irigasi KP-02})$$

- Perencanaan Lantai Muka

Perhitungan panjang lantai muka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Lw = \Sigma Lv + \frac{1}{3} \Sigma Lh \quad (\text{Standar Perencanaan Irigasi KP-02})$$

- Perencanaan Bangunan Pelengkap Bendung.

Perencanaan bangunan pelengkap meliputi bangunan pengambilan/*intake*, bangunan dan saluran kantong lumpur, bangunan dan saluran primer, bangunan dan saluran pembilas kantong lumpur, serta bangunan pembilas bendung. Pintu dipakai tipe romijn dan pintu sorong bergantung pada kondisi perencanaan.

Analisis Stabilitas Bendung

Stabilitas bendung dianalisis pada dua macam kondisi yaitu pada saat sungai kondisi air normal dan pada saat sungai banjir. Gaya-gaya yang diperhitungkan dalam perencanaan bendung meliputi :

Berat Sendiri Bendung : $G = V * \gamma$

Gaya Gempa : $He = E * G$

Gaya Angkat (*uplift*) : $Px = Hx - H$

Tekanan Hidrostatik : $\frac{1}{2} \gamma_w * H^2$

Tekanan Tanah Aktif : $Pa = \frac{1}{2} \gamma_{sub} * Ka * h^2$

Tekanan Tanah Pasif : $Pp = \frac{1}{2} \gamma_{sub} * Kp * h^2 - 2C \sqrt{Kp}$

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Gaya-gaya tersebut kemudian dianalisis stabilitas bendung terhadap guling, geser, daya dukung tanah, dan erosi bawah tanah (*piping*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Dari daerah aliran sungai seluas 59,177 Km² dibagi menjadi 4 daerah *polygon* sesuai stasiun hujan di daerah tersebut (Jumo, Candiroto, Ngadirejo, Jumprit). Jenis sebaran yang dipilih adalah *Log Pearson III*. Dengan nilai sebaran sebagai berikut.

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III

No	Periode Ulang	Peluang	S.LogX	LogX	Cs	k	Y	Xt
1	2	50	0,1365	1,6929	-0,11657	0,0192	1,6956	49,6081
2	5	20	0,1365	1,6929	-0,11657	0,8467	1,8085	64,3419
3	10	10	0,1365	1,6929	-0,11657	1,2680	1,8660	73,4525
4	25	4	0,1365	1,6929	-0,11657	1,7096	1,9263	84,3886
5	50	2	0,1365	1,6929	-0,11657	1,9892	1,9644	92,1399
6	100	1	0,1365	1,6929	-0,11657	2,2397	1,9986	99,6878

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan curah hujan rencana akan diolah menjadi debit banjir rencana.

Analisis Debit Banjir Rencana

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh debit banjir rencana untuk metode-metode dan periode ulang tertentu adalah sebagai berikut :

Tabel 2.Rekapitulasi Debit Banjir Rencana.

Periode ulang	Rasional	Haspers	FSR	HSS Gama I	Passing Capacity
2	80,5318	52,6674	3,4926	52,4344	201,3882
5	104,4501	68,3098	8,4431	91,7425	
10	119,2398	77,9822	14,2243	116,0483	
25	136,9930	89,5926	24,0682	145,2245	
50	149,5761	97,8220	40,4703	165,9040	
100	161,8291	105,8354	53,4868	186,0410	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Nilai debit berdasarkan metode *Passing Capacity* yang diperoleh kemudian membandingkan dengan debit banjir rencana yang diperoleh dari perhitungan debit banjir rencana metode Rasional, metode *Haspers*, metode FSR Jawa dan Sumatera, dan metode hidrograf satuan sintetik Gama 1. Berdasarkan pertimbangan keamanan dan karena ketidakpastian besarnya debit banjir yang terjadi di daerah tersebut serta dengan mempertimbangkan besarnya nilai perhitungan *passing capacity*, dipilih debit banjir dari metode HSS Gama I dengan periode ulang 100 tahun = **186,0410m³/dt**

Analisis Kebutuhan Air

Analisis yang dilakukan pada daerah irigasi Progo Jumo berdasar dari SK Bupati Temanggung nomor: 611/221/2003, ditetapkan perencanaan pola tanam 2 golongan dan tata tanam dengan pola padi-padi palawija dimana pengolahan lahan pada golongan 1 dimulai pada bulan, dengan lamanya pengolahan lahan selama 30 hari dan lama pertumbuhan padi 90 hari (padi varietas unggul). Palawija golongan pertama ditanam pada minggu kedua Juni dengan lama pengolahan lahan 15 hari dan masa pertumbuhan selama 90 hari. Padi golongan 2 ditanam terpaut 1 minggu dari padi pertama, lama pengolahan dan pertumbuhan sama dengan padi golongan pertama, diperoleh besarnya kebutuhan air maksimum adalah 1,942 m³/det yang mencapai puncak pada minggu kedua Oktober.

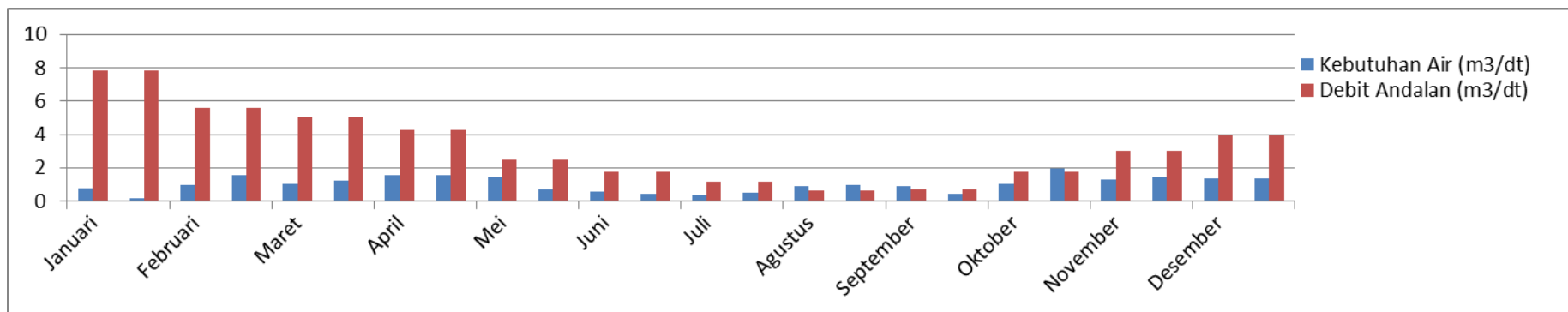
Analisis Debit Andalan

Besarnya debit andalan dengan probabilitas 20% yang mengalir pada Bendung Progo Jumo. Rekapitulasi debit andalan probabilitas 20% diperlihatkan pada tabel berikut :

Tabel 3. Analisis Neraca Air Bendung Progo Jumo.

Bulan	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
Minggu Ke -	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Q Kebutuhan (m3/dt)	0,75	0,18	0,98	1,54	1,06	1,21	1,58	1,56	1,42	0,67	0,54	0,44	0,34	0,52	0,92	0,94	0,92	0,44	1,02	1,94	1,32	1,42	1,35	1,33
Debit Andalan (m3/dt)	7,83	7,83	5,61	5,61	5,03	5,03	4,26	4,26	2,51	2,51	1,76	1,76	1,14	1,14	0,62	0,62	0,67	0,67	1,73	1,73	3,03	3,03	3,96	3,96
Surplus / Defisit (+/-)	7,08	7,65	4,63	4,07	3,98	3,83	2,68	2,71	1,09	1,84	1,22	1,32	0,80	0,62	-0,29	-0,32	-0,25	0,22	0,71	-0,21	1,70	1,61	2,61	2,63

(Sumber : Perhitungan)



Gambar 2. Analisis Neraca Air Bendung Progo Jumo.

Mayoritas kebutuhan air memenuhi dan terjadi surplus, hanya ada beberapa bulan yang terjadi kekurangan air dalam jumlah kecil. Hal ini dapat diatasi dengan penggiliran pemberian air pada waktu kekurangan air atau pembuatan *long storage* agar surplus air tidak terbuang sia-sia.

Analisis Hidrolis Bendung

Analisa hidrolis bendung dilakukan dengan mengambil data debit banjir rencana dan data kebutuhan air maksimum. Didapatkan bendung dengan perhitungan Tinggi mercu direncanakan setinggi 4,85m dengan tipe mercu bulat dan kolam olak *USBR* Tipe III. Mercu bulat digunakan untuk menghindari tekanan yang diakibatkan limpasan air di atas mercu pada saat banjir. Bendung direncanakan memiliki lebar efektif 39 meter dan lantai muka sepanjang 8,73 m. Pintu pembilas pada bendung berjumlah 4 buah pintu sorong dengan lebar tiap pintu 1,5 m sehingga lebar total pintu pembilas bendung sebesar 6 m pada sisi kiri bendung. Pintu *intake* pada bendung berjumlah 4 buah pintu sorong dengan lebar masing-masing 1,5 m sehingga lebar total pintu pengambilan sebesar 6 m di sisi kiri bendung. Kantong lumpur sepanjang 80m. Pintu pengambilan di saluran primer menggunakan 3 buah pintu *Romijn* tipe V, dengan lebar masing-masing 1,25 m. saluran pembilas menggunakan 4 buah pintu dengan lebar masing masing 1,5 m.

Analisis Stabilitas Bendung

Analisis stabilitas dilakukan pada kondisi normal dan banjir. Sesuai dasar teori yang digunakan, dihitung stabilitas bendung pada

1. Kondisi air normal :

A. Stabilitas Terhadap Guling

$$SF = \frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} = \frac{1125,049}{586,398} = 1,92 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

B. Stabilitas Terhadap Geser

$$SF = f \frac{\Sigma RV}{\Sigma RH} = 0,75 \times \left(\frac{91,724}{44,674} \right) = 1,54 > > 1,5 \text{ (Aman)}$$

C. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

$$\sigma_{maks} = 10,15 < 43,62 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{min} = 1,88 > 0 \text{ (Aman)}$$

2. Kondisi air banjir :

A. Stabilitas Terhadap Guling

$$SF = \frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} = \frac{1162,296}{744,096} = 1,56 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

B. Stabilitas Terhadap Geser

$$SF = f \frac{\Sigma RV}{\Sigma RH} = 0,75 \times \left(\frac{94,267}{44,812} \right) = 1,57 > > 1,5 \text{ (Aman)}$$

C. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

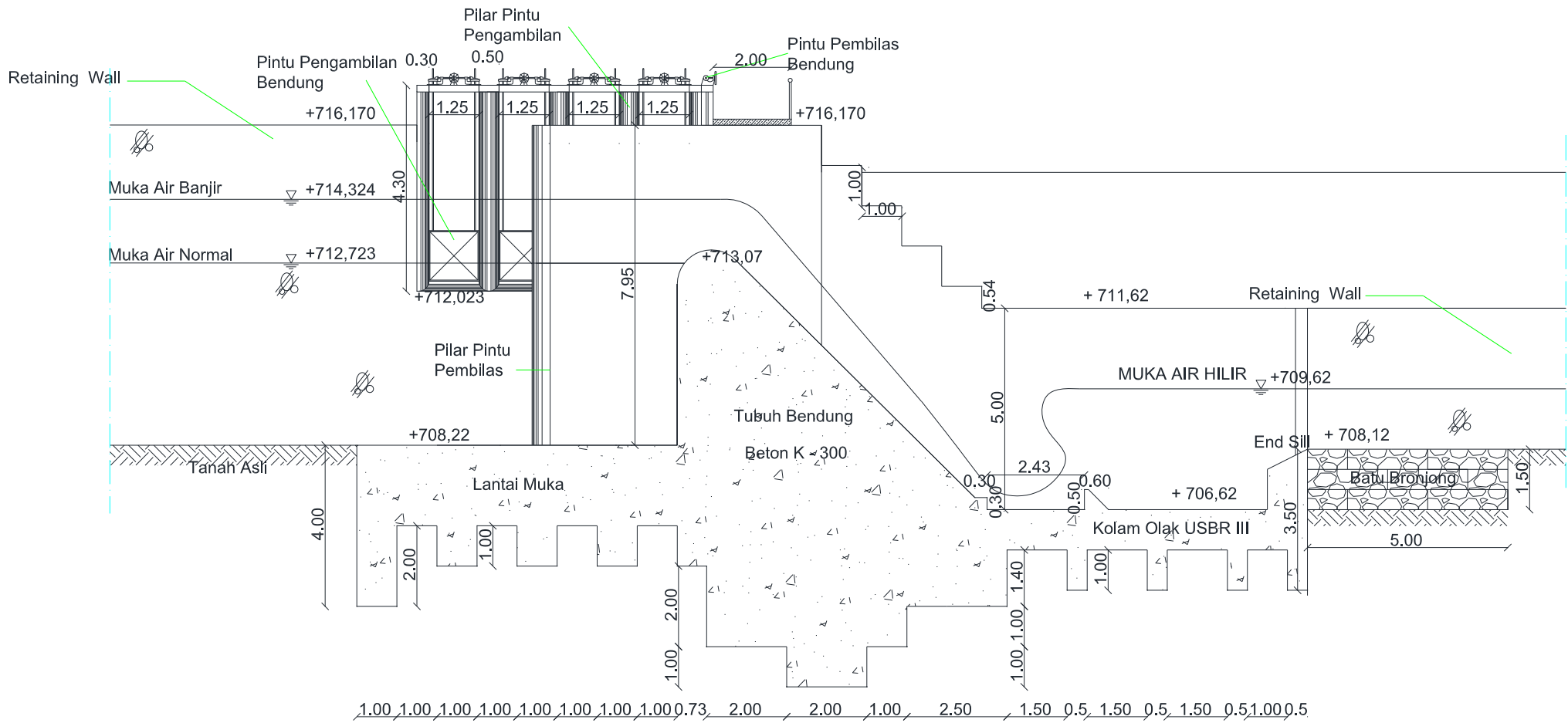
$$\sigma_{maks} = 11,43 < 43,62 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{maks} = 0,95 > 0 \text{ (Aman)}$$

Setelah seluruh kriteria perencanaan terpenuhi, dilakukan desain bendung dengan hasil seperti pada gambar 2.

RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN JADWAL PELAKSANAAN PROYEK

Rencana anggaran biaya menggunakan perhitungan volume unit price dengan nilai konstruksi Rp. 14.145.361.000,00. Jadwal pelaksanaan menggunakan metode NWP dengan Rencana waktu pelaksanaan pembangunan Bendung Progo Jumo adalah selama 42 minggu.



Gambar 3.Rencana Bendung Progo Jumo

KESIMPULAN

1. Luas DAS Sungai Progo 59,177 km². Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf Sintetik Satuan (HSS) Gamma I diperoleh debit banjir rencana dengan periode ulang 100 tahun $Q_{100} 186,041 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Kebutuhan debit pengambilan maksimum 1,942 m³/s.
3. Pada grafik neraca air dapat dilihat bahwa ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan air pada bulan Agustus sampai Oktober masih kurang, namun pada bulan November sampai dengan Juli terjadi surplus air.
4. Tinggi mercu direncanakan setinggi 4,85m dengan tipe mercu bulat dan kolam olak USBR Tipe III sepanjang 7,5 m. Lebar bendung 39 meter dan lantai muka sepanjang 8 m. Pintu pembilas bendung berjumlah 4 buah, lebar tiap pintu 1,5 m lebar total pintu pembilas bendung 6 m. Pintu *intake* bendung berjumlah 4 buah pintu, lebar masing-masing 1,5 m lebar total pintu pengambilan 6 m. Pintu pengambilan di saluran primer menggunakan 3 buah pintu *Romijn* tipe V, lebar masing-masing 1,25 m sehingga lebar total pintu pengambilan sebesar 3,75 m.
5. Rencana Anggaran Biaya konstruksi bendung sebesar **Rp 11,996,928,000.000**. Rencana waktu Pembangunan Bendung Progo Jumo adalah selama 42 minggu.

SARAN

1. Dengan memperhatikan analisis debit andalan yang telah dihitung, tampak bahwa ketersediaan air sungai cukup tinggi sehingga pada bulan November sampai dengan bulan Juli terjadi surplus air namun pada bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober terjadi kekurangan air. Hal ini dapat disiasati dengan membuat embung bila lokasi memungkinkan atau *long storage* dengan melakukan studi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah*. Jakarta: PT Erlangga.
- Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 01*. Jakarta: Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 02*. Jakarta: Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 03*. Jakarta: Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 04*. Jakarta: Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 06*. Jakarta: Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Harto, Sri Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Soedibyo. 1993, *Teknik Bendungan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Soemarto, CD. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda Kensaku. 1983. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.