

ANALISIS DESAIN BANGUNAN UTAMA BENDUNG PADA BENDUNG KEDUNG PUTRI

Aziiz Nurdian Syah¹, Isnugroho², Reja Putra Jaya³

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra Yogyakarta

Jl. Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57162, Jawa Tengah, Indonesia

*Email: d100190244@student.ums.ac.id

Abstark

Daerah Irigasi Kedung Putri merupakan jaringan irigasi peninggalan jaman Belanda, diperkirakan dibangun pada tahun 1925. Pada saat itu aliran irigasinya sempat digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air di Desa Baledono, tetapi sekarang hanya untuk keperluan irigasi. Seiring berjalannya waktu kebutuhan air baku tidak tercukupi dikarenakan bangunan bendung lama sudah mengalami kerusakan dan pengeroposan. Tujuan penelitian ini adalah merehabilitasi bendung dengan menghitung ulang bangunan utama bendung. Penelitian ini dimulai dengan melakukan analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir rencana. Hasil tersebut akan digunakan untuk menganalisis struktur bangunan utama bendung, selanjutnya akan ditinjau stabilitasnya terhadap gelincir, guling, dan piping. Sehingga, manfaat penelitian ini adalah memperbaiki bangunan lama agar kebutuhan air baku di Kabupaten Purworejo tercukupi. Hasil analisis bangunan utama bendung yaitu debit banjir rencana untuk periode 100 tahun (Q_{100}) adalah $1036,71 \text{ m}^3/\text{detik}$. Elevasi tinggi mercu adalah $71,60 \text{ m}$, Lebar efektif bendung adalah $51,673 \text{ m}$, dan tinggi energi diatas ambang adalah $4,542 \text{ m}$. Analisis kolam olak untuk dimensi panjang dan kedalamannya adalah $6,20 \text{ m}$ dan 12 m . Tembok pangkal banjir untuk tembok pangkal udik dan hilir adalah $77,64 \text{ m}$ dan $76,05 \text{ m}$. Analisis struktur apron untuk total panjang (L_T) adalah $23,03 \text{ m}$. Perhitungan stabilitas menunjukkan bahwa aman terhdap gelincir, guling, dan piping.

Kata Kunci: daerah irigasi, penelitian, hasil Perhitungan.

Abstarct

The Kedung Putri Irrigation Area is an irrigation network from the Dutch era, estimated to have been built in 1925. At that time the irrigation flow was used as a hydroelectric power plant in Baledono Village, but now it is only for irrigation purposes. As time goes by, the need for raw water is not fulfilled because the old weir building has been damaged and porous. The purpose of this study is to rehabilitate the weir by recalculating the main weir building. This research begins with hydrological analysis to obtain the design flood discharge. These results will be used to analyze the main building structure of the weir, then its stability against slipping, overturning and piping will be reviewed. So, the benefit of this research is to repair old buildings so that raw water needs in Purworejo Regency are fulfilled. The analysis results of the main building of the weir, namely the planned flood discharge for a period of 100 years (Q_{100}) is $1036.71 \text{ m}^3/\text{second}$. The high elevation of the crest is 71.60 m , the effective width of the weir is 51.673 m , and the energy height above the threshold is 4.542 m . The analysis of stilling ponds for the dimensions of length and depth is 6.20 m and 12 m . The floodgates for the upstream and downstream walls are 77.64 m and 76.05 m respectively. Apron structural analysis for the total length (L_T) is 23.03 m . Stability calculations show that it is safe against slipping, overturning and piping.

Keywords: irrigation area, research, the calcuation resul

1. PENDAHULUAN

Bangunan utama (*Head works*) merupakan bangunan air yang berada diatas aliran sungai, untuk meninggikan muka air agar bisa mengalir saluran irigasi. Bangunan utama bendung Kedung Putri ini akan dilengkapi kantong lumpur yang berfungsi untuk mengendapkan lumpur. Selain itu, dilengkapi juga pintu air yang berfungsi untuk mengatur distribusi air. Daerah Irigasi Kedung Putri merupakan jaringan irigasi peninggalan zaman Belanda yang berada di Desa Trirejo, Kecamatan Loano, Purworejo, Gebang, Bayan, Banyuurip, Ngombol, Purwodadi Kabupaten Purworejo, posisi 7°41'11.90"S dan 110°02'12.68"T. Daerah Irigasi Kedung Putri meliputi 7 wilayah, yaitu: Kecamatan Ngombol, Kecamatan Banyu Urip, Kecamatan Bayan, Kecamatan Purwodadi, Kecamatan Purworejo, Kecamatan Loano, dan Kecamatan Gebang. Luararea sawah irigasi pada Daerah Irigasi Kedung Putri berdasarkan Kerangka Acuan Kerja BBWS Serayu Opak tahun 2007 seluas 4.341 ha. Dengan panjang saluran induk Kedung Putri 9,34 Km serta panjang total saluran-saluran sekundernya 51.001 Km (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Bendung Kedung Putri
Sumber: Analisis Pribadi (*Google Maps*)

Daerah Irigasi Kedung Putri pada saat itu berfungsi sebagai keperluan irigasi, namun aliran irigasinya sempat digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air. Dengan berjalannya waktu bangunan tubuh bendung lama mengalami kerusakan, pengeroposan, dan ada beberapa bangunan utama lain yang belum ada seperti bangunan penguras (kantong lumpur) dan kolam olak, maka kelayakan bendung perlu ditingkatkan. Sehingga, perlu adanya rehabilitasi dan perhitungan ulang terhadap hidraulika dan stabilitas bendung. Untuk mencapai hal tersebut perlu rangkaian analisis seperti, analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir rencana, perhitungan *hidrolika* pada tubuh bendung, analisis kolam olak

dan lantai bendung (*apron*), perhitungan desain tembok pangkal banjir, dan perhitungan stabilitas bendung yaitu terhadap gelincir, guling, dan piping.

2. METODOLOGI

2.1. Metode

Ada beberapa penelitian sebelumnya, berkaitan tentang analisis desain bangunan utama diantaranya:

Restu dkk., 2016 melakukan penelitian yaitu dengan melakukan perhitungan hujan rencana untuk mendapatkan debit banjir rencana.

Mengacu pada KP-02 SPI 2013 (Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama (*Head Works*) Bangunan Utama adalah bangunan yang direncanakan diatas air, dan alirannya dibelokkan agar bisa masuk ke saluran irigasi. Setelah itu, diperiksa stabilitasnya terhadap gelincir, guling, dan piping.

2.2. Analisis Hidrolika

Analisis hujan maksimum dilakukan setelah mendapat data hujan maksimum dari beberapa stasiun terdekat. Hasil pengamatan hujan maksimum tahunan didapat dari 2 daerah stasiun yang berbeda, yaitu St. Penungkulan dan St. Sapuran pada tahun 1999 – 2018.

2.3. Perhitungan Hidrolika

2.3.1. Elevasi Mercu

Elevasi mercu bendung diperoleh dari total elevasi puncak mercu dan lantai bendung. Selain itu, dilandasi dari beberapa faktor yaitu elevasi sawah tertinggi, tinggi air sawah, bangunan saluran, dan sebagainya. (Marwadi dan Memed, 2015)

2.3.2. Lebar Efektif Bendung

Lebar Efektif Bendung (Be) akan disambungkan dengan lebar mercu atau bendung (B) yaitu posisi antar tiang atau pangkal-pangkal bendung. Rumus:

$$Be = B - 2 (n K_p + K_a) H_1 \quad (1)$$

keterangan:

n = Jumlah total pilar

K_p = Koefisien Kontraksi Pilar

K_a = Koefisien Kontraksi Pangkal Bendung

H_1 = Tinggi energi diatas bendung (m)

2.3.3. Elevasi Muka Air diatas Mercu Bendung

Perhitungan ini dapat dilakukan dengan tinggi energi dikurangi dengan debit. Persamaan hitungan untuk mercu tipe Ogee sebagai berikut:

$$Q = C_d 2/3 \sqrt{2/3 g b H_1^{1.5}} \quad (2)$$

dengan :

$$Q = \text{Debit (m}^3/\text{detik)}$$

$$C_d = \text{Koefisien Debit (} C_d = C_0 C_1 C_2 \text{)}$$

$$g = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$b = \text{Lebar bendung atau mercu (m)}$$

$$H_1 = \text{Tinggi energi diatas bendung (m)}$$

2.5. Penentuan Kolam Olak

Kolam olak atau peredam energi dengan tipe MDO ini adalah lantai hilir bendung yang dilengkapi ambang dan rip-rap. Rumus:

$$E_{dp} = q_{dp} / (g \times Z_{dp}^3)^{1/2} \quad (3)$$

dengan :

$$E_{dp} = \text{Parameter energi}$$

$$q_{dp} = \text{Debit desain persatuan lebar bendung (m}^3/\text{detik/m)}$$

$$Z_{dp} = \text{Perbedaan muka air hulu dan hilir (m)}$$

$$g = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

Kedalaman Lantai (Ds)

$$D_s = (D_s) (D_s/D_2) \quad (4)$$

dengan :

$$D_s = \text{Kedalaman lantai kolam olak (m)}$$

$$D_2 = \text{Kedalaman air di hilir (m)}$$

(Nilai D_s/D_2 dicari dengan Grafik MDO)

Panjang Lantai (Ls)

$$L_s = (D_s) (L_s/D_2) \quad (5)$$

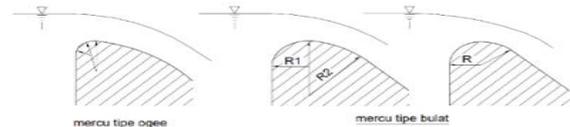
dengan :

$$L_s = \text{Panjang lantai kolam olak (m)}$$

$$D_s = \text{Kedalaman lantai kolam olak (m)}$$

2.4. Perencanaan Mercu

Tipe mercu yang digunakan pada Bendung Kedung Putri ini adalah bentuk ogee. Tipe mercu yang berbentuk ogee ini, berbentuk tirai luapan bawah, tidak akan memberikan tekanan pada atmosfer bumi pada saat mengalir debit rencananya.



Gambar 2. Bentuk Mercu Bendung

Sumber: SPI KP-2, 2013

$$D_2 = \text{Kedalaman air di hilir (m)}$$

(Nilai L_s/D_2 dicari dengan Grafik MDO)

Tinggi dan Lebar Ambang Hilir

$$a = (0,2 - 0,3) D_s \quad (6)$$

$$b = 2 \times a \quad (7)$$

dengan :

$$a = \text{Tinggi ambang hilir (m)}$$

$$b = \text{Lebar ambang hilir (m)}$$

$$D_s = \text{Kedalaman lantai kolam olak (m)}$$

2.6. Tembok Pangkal Banjir

Tembok sayap ini berada dideretkan tembok yang berada disisi kanan hingga kiri peredam energi (kolam olak). Tembok pangkal bendung ini untuk penahan tubuh bendung dari naiknya debit air dan sebagai penahan kelongsoran. (KP-2, 2013). Tembok pangkal bendung dapat ditentukan berdasarkan Elevasi *Dekzerk*, yaitu:

Tembok Pangkal Hulu

$$E_i D_{zu} = E_i \text{ mercu bendung} + H_{udf} + F_b \quad (8)$$

Tembok Pangkal Hilir

$$E_i D_{zi} = E_i \text{ dasar sungai} + H_{idf} + F_b \quad (9)$$

dengan :

$$D_{zu} = \text{Elevasi tembok pangkal banjir hulu (m)}$$

$$D_{zi} = \text{Elevasi tembok pangkal banjir hilir (m)}$$

H_{udf} = Tinggi air hulu (m).
 H_{idf} = Tinggi air hilir(m).
 F_b = Tinggi jagaan diambil antara 1,00 – 1,5 m.

L_V = Panjang rayapan keatas (m)
 L_H = Panjang rayapan kesamping (m)

2.7. Perhitungan Apron

Apron atau lantai bendung adalah bangunan dasar air hulu dan hilir bendung sebagai pelindung dari rembesan dan gerusan air pada tubuh bendung. Metode yang digunakan dalam menentukan lantai bendung, yaitu:

Metode Bligh

$$L_V + L_H \geq Cr. \Delta H \quad (10)$$

dengan:

L_V = Panjang vertikal bidang kontak (m)
 L_H = Panjang horisontal bidang kontak (m)
 ΔH = Beda tekanan (m)
 Cr = Angka keamanan Rayapan (diambil 4)

Metode Lane

$$L_T = L_V + 1/3.L_H \quad (11)$$

dengan :

L_T = Panjang rayapan total (m)

faktor aman (S) untuk kondisi ini adalah 2 untuk kondisi normal dan 1,5 untuk kondisi ekstrim.

Stabilitas terhadap piping

$$C_L = \frac{\Sigma L_V + 1/3 \Sigma L_H}{H} \quad (14)$$

ΣL_V adalah total panjang vertikal dari bangunan utama (m), ΣL_H adalah total panjang horizontal bangunan utama (m), H adalah perbedaan muka air hulu dan hilir (m).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisa Hidrologi

2.8. Stabilitas Bendung

Persyaratan keamanan bendung adalah harus stabil terhadap gelincir, guling, dan piping. Gaya yang dihitung kali ini adalah , berat sendiri (W) dan gaya *hidrostatik*. Dari gaya-gaya tersebut kemudian dikontrol terhadap stabilitasnya. (Marwadi dan Memed, 2015)

Stabilitas terhadap gelincir

$$\Sigma(H) = \tan \theta < \frac{f}{S} \quad (12)$$

Dengan $\Sigma(H)$ adalah total gaya horizontal dan V adalah total gaya vertikal dikurangi dengan gaya tekan atas, $\tan \theta$ adalah semua gaya terhadap gaya keatas dan kesamping, f adalah harga koefisien gesekan (Tabel 6-4. KP-02, 2013), faktor aman (S)

untuk kondisi ini adalah 2 untuk kondisi normal dan 1,5 untuk kondisi ekstrim

Stabilitas terhadap guling

$$d_x \geq S \frac{P_x - W_x}{\tau} \quad (13)$$

d_x adalah momen terhadap guling , P_x adalah gaya angkat (vertikal), W_x adalah gaya dalam (horizontal), τ adalah massa jenis bahan,

Analisa hidrologi dimulai dengan pengolahan data hujan maksimum tahunan yang diperoleh dari beberapa stasiun terdekat. Namun, kali ini menggunakan 2 stasiun yang berdeba, yaitu St. Penungkulan dan St. Sapuran. Dari data hujan 20 tahunan yang didapat yaitu pada tahun 1999-2018, kemudian dicari hujan maksimum tahunannya dan dirata-rata.

Setelah memperoleh data curah hujan rencana, dilanjutkan dengan uji kecocokan distribusi frekuensi melalui Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*) dan Smirnov – Kolmogorov. Dari pengujian inidihasilkan X^2 (Nilai *Chi-Kuadrat*) dan Δ_{max} (selisih terbesar antara peluang empiris dengan teoritis) untuk semua metode dan yang paling memungkinkan adalah Metode *Log Pearson Type III*.

Hasil perhitungan nilai debit banjir rencana dengan kala ulang 100 tahun akan digunakan sebagai proses analisis bangunan utama bendung (Tabel 1).

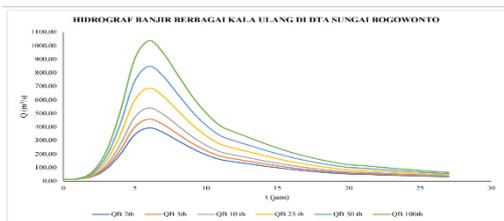
$$Q_{100} = 1036,71 \text{ m}^3/\text{detik.}$$

Tabel 1

Debit Banjir Rencana Maksimum

QB 2Th	QB 5Th	QB 10Th	QB 25Th	QB 50Th	QB 100Th
392,75	457,03	539,76	686,84	848,20	1036,71

(Sumber: Analisis Pribadi)



Gambar 3. Hidrograf Banjir Berbagai Kala Ulang Di DTA Sungai Bogowonto

Sumber: Analisis Pribadi

3.2. Perhitungan Hidrolika

3.2.1. Hasil Perhitungan Mercu

Berdasarkan hasil penelitian dan *existing* terhadap keberadaan bangunan lama bendung setelah diketahui, sehingga tinggi mercu bendung dapat di hitung dengan elevasi mercu bendung dikurangi dengan elevasi lantai apron, yaitu 71,60 m – 70,60 m = 1,00 m. Jadi, untuk tinggi mercu bendung (P) adalah 1,00 m.

3.2.2. Hasil Lebar Efektif Bendung

- Lebar Bendung (Bt) : 58,50 m
- Lebar Total Pilar (Bp) : 5 x 1,10 = 5,50 m
- Lebar Total Mercu (B) : Bt – Bp = 53 m

Rumus:

Berdasarkan perhitungan diatas didapat hasil perhitungan H_1 (Tinggi energi/muka air diatas mercu) adalah 4,542 m. Sedangkan pada nilai Be (Lebar Efektif Bendung) adalah 51,637 m didapat dengan perhitungan rumus $53 - 0,3 (4,542)$.

$$Be = B - 2 (n K_p + K_a) H_1$$

dimana:

$$B = 53 \text{ m}$$

$$n = \text{Berjumlah 5 pilar}$$

$$K_p = \text{Untuk pilar berujung bulat}$$

$$= 0,01$$

$$= 0,1$$

$$K_a = \text{Untuk pangkal bulat dengan hulu pada } 90^\circ$$

$$\text{Sehingga, } Be = B - 2 (n K_p + K_a) \cdot H_1$$

$$= 53 - 2 (5 \cdot 0,01 + 0,1)$$

$$H_1 = 53 - 0,3 \cdot H_1$$

3.2.3. Elevasi Muka Air diatas Mercu Bendung

Pada saat proses analisa perhitungan muka air diatas mercu, menggunakan fitur *Goal Seek* yang ada di *Microsoft Excel*. Hal ini bertujuan untuk mencari nilai dari H_1 dengan cara *trial* (Tabel 2)

Tabel 2

Hasil Perhitungan Muka Air diatas Mercu Dengan Goal Seek

Q	C _d	B	H ₁	Q _{desain}
1036,71	0,994	51,637	4,542	1036,710

(Sumber: Analisis Pribadi)

dengan,

$$Q = Q_{100} = 1036,71 \text{ m}^3/\text{detik.}$$

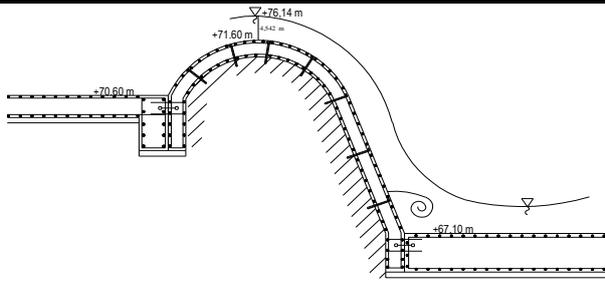
$$C_d = \text{Asumsi (Hasil } C_0 C_1 C_2)$$

$$Be = 53 - 0,3 \cdot H_1$$

$$H_1 = \frac{Q_{cek}^{1,5}}{C_d^{2/3} \sqrt{2/3} g b H_1^{1,5}}$$

$$\text{Syarat } = Q_{100} = Q_{desain}$$

Sehingga elevasi muka air banjir diatas bendung adalah +76,14 m (Gambar 4).



Gambar 4. Elevasi Bendung Berserta Tinggi Muka Air

Sumber: Analisis Pribadi

3.3. Hasil Perhitungan Kolam Olak

Elevasi muka air udik adalah +76,14 m didapat dari penjumlahan elevasi tinggi mercu bendung yaitu 71,60 m dan tinggi energi diatas ambang yaitu 4,54 m. Elevasi muka air hilir adalah +73,05 m ditentukan dari hasil perhitungan elevasi tinggi muka air hilir saat banjir yaitu +75,55 m dikurangi dengan degradasi. Harga sembarang degradasi (penurunan dasar sungai) menurut SPI KP-02 dalam perencanaan kolam olak yaitu 2,5 m. Dengan demikian, nilai Z_{dp} adalah $76,14 - 73,05 = 3,09$ m. Parameter Energi (E) untuk desain hidraulik adalah 1,18 (Rumus 03). Nilai q_{dp} ditentukan dari debit periode ulang 100 tahunan (Q_{100}) dibagi dengan nilai dari Be (Lebar Efektif Bendung) yaitu

$1036,71 \text{ m}^3/\text{detik} / 51,637 \text{ m}$, sedangkan nilai g adalah nilai percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m}/\text{detik}^2$).

Kedalaman lantai (D_s) (Rumus 4)

$$D_s = (D_s) (D_s/D_2)$$

dimana,

$$\begin{aligned} D_2 &= \text{Elv. muka air banjir terbesar} - \text{Elv. dasar sungai} \\ &= 74,55 \text{ m} - 70,60 \text{ m} \\ &= 3,95 \text{ m} \end{aligned}$$

$$D/D_2 = 1,51 \text{ (berdasarkan grafik penentuan MDO)}$$

$$\begin{aligned} D_s &= 3,95 \times 1,51 \\ &= 5,96 \text{ m} \end{aligned}$$

Elevasi dasar minimum kolam olak:

$$73,05 \text{ m} - 5,96 \text{ m} = 67,09 \text{ m}.$$

Panjang lantai (L_s) (Rumus 5)

$$L_s = (D_s) (L_s/D_2)$$

dimana,

$$D_s = 5,96 \text{ m}$$

$$L/D_2 = 1,53 \text{ (berdasarkan grafik penentuan MDO)}$$

$$L_s = 1,53 \times 5,96$$

$$= 9,13 \text{ m} \approx 10 \text{ m}$$

Tinggi dan Ambang Hilir (Rumus 6 dan 7)

$$a = 0,2 \times 5,96$$

$$= 1,19 \text{ m} \approx 1,20 \text{ m}$$

$$b = 2 \times 1,20$$

$$= 2,4 \text{ m}$$

3.4. Hasil Perhitungan Tembok Pangkal Banjir

Berdasarkan perhitungan tembok pangkal banjir pada pangkal udik dan hilir, diketahui untuk elevasi mercu bendung adalah +71,60 m dan elevasi dasar sungai adalah +70,60 m. Tinggi air diatas mercu adalah 4,54 m dan tinggi air dihilir bendung adalah 3,95 m. Nilai F_b (Tinggi jagaan) menurut SPI KP-02 adalah 1 meter s/d 1,5 meter, dipilih pada ketinggian 1,5 meter. Sehingga hasil dari perhitungan elevasi tembok pangkal udik dan hilir adalah 77, 64 m dan 76,05 m (Tabel 3).

Tabel 3

Hasil Perhitungan Tembok Pangkal Banjir

Diketahui	Tembo k Pangkal Udik	Tembo k Pangkal Hilir
Elevasi	71,6	70,6
H	4,54	3,95
F_b	1,5	1,5
Rumus	rumus (8)	rumus (9)
Hasil	77,64	76,05

(Sumber: Analisis Pribadi)

3.5. Hasil Perhitungan Apron (Lantai Bendung)

Perhitungan struktur apron dilakukan pada saat tidak ada aliran air di udik (lantai bendung). Hal ini dapat dilakukan dengan metode pembelokan aliran sungai dari arah hulu dan cara *kistdam*. Hasil beda tekanan (ΔH) diperoleh dari

elevasi tinggi mercu bendung dikurangi dengan elevasi minimum dasar kolam olak , yaitu 71,60 m – 67,09 m = 4,51 m.

Perhitungan (Rumus 10)

$$L_T \geq Cr. \Delta H$$

$$\geq 4,4,73$$

$$\geq 18,92$$

Tabel 4
Panjang Lintasan Vertikal dan Horizontal

No	L _V	L _H
1	1,5	13,7
2	1,15	0,3
3	0,6	4,15
4	1	10
5	0,7	3
6	1,3	
7	1,2	
8	3,2	
9	2	
Total	12,65	31,15

(Sumber: Analisis Pribadi)

Panjang lintasan vertikal dan horizontal didapat dari gambar desain dari struktur *apron* (Gambar 5).

Perhitungan (rumus 11)

$$L_V = 12,65 \text{ m}$$

$$L_H = 1/3 \times 31,15 \text{ m}$$

$$= 10,38$$

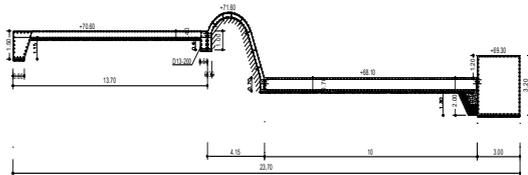
$$L_T = 12,65 \text{ m} + 10,38 \text{ m}$$

$$= 23,03 \text{ m}$$

Hasil

$$L_T \geq Cr. \Delta H$$

$$23,03 \geq 18,92 \text{ (AMAN)}$$



4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan analisis desain bangunan utama Bendung Kedung Putri, kesimpulan yang dapat ditarik adalah:

1. Analisa hidrologi melalui perhitungan debit banjir dengan metode *HS Nakayasu* dihasilkan untuk peridoe ulang tahun 100 (Q_{100}) adalah 1036,71 m³/detik.
2. Pada perhitungan hidrolis tubuh bendung dihasilkan untuk tinggi mercu bendung (P) menghasilkan 1 meter. Lebar efektif bendung (B_E) setelah perhitungan melalui *Goal Seek* pada muka air diatas mercu diperoleh 51,637 m dan tinggi energi diatas ambang (H_T) adalah 4,542 m.
3. Berdasarkan hasil perhitungan kolam olak dan lantai bendung (udik) dihasilkan untuk dimensi kolam olak adalah 5,96 m untuk kedalaman lantai (D_S) dan 9,13 m untuk panjang lantai (L_S), sehingga elevasi dasar minimum kolam olak adalah 66,87 m. Panjang total (L_T) diperoleh 23,03 m dan aman untuk perencanaan desain struktur.
4. Hasil perhitungan desain tembok pangkal banjir adalah 77, 64 m untuk tembok pangkal udik dan 76,05 m untuk tembok pangkal hilir.
5. Hasil perhitungan stabilitas Bendung Kedung Putri adalah aman terhadap gelincir dan guling pada kondisi normal, serta aman terhadap rembesan piping.

DAFTAR PUSTAKA

- Abror, F., M., H., 2019, *Perancangan Analisis Stabilitas Gaya Uplift Pressure Pada Bendung Berbasis Visual Basic*, Jurnal Student Teknik Sipil, Vol. 1, No. 1, hal 15-21.
- Aprilia, I., S., Totok, D., K., Nanang, S., R., 2017, *Review Desain Bendung Sungai Setail Banyuwangi Mengacu Pada Peta Zonasi Gempa Tahun*, Jurnal Smart

Teknologi, Vol. 1, No. 1, 2021, hal: 100-102.

- Awwalin, R., N., Runi, A., Linda, P., 2023, *Studi Evaluasi Stabilitas Bendung dan Perencanaan Rehabilitasi Bendung Margopadang di Kabupaten Magetan Provinsi Jawa Timur*, Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, Vol. 3, No. 1, hal: 506-511.

Balai Besar Wilayah Sungai Opak, 2021, *Daerah Irigasi Kedung Putri*.
<https://sda.pu.go.id/balai/bbwsserayuopak/projects-item/daerah-irigasi-kedungputri/>

Kementerian Pekerjaan Umum., 2013, *Perencanaan Jaringan Irigasi KP-02*, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa, Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum., 2013 *Perencanaan Jaringan Irigasi KP-04*, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa, Jakarta.

Mangore R., Wuisan E.M., Kawet L., Tangkudung H., 2013, *Perencanaan Bendung Untuk Daerah Irigasi Sulu*. Jurnal Sipil Statik, fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Juni 1(7), hal: 533-541.

Mawardi, E., & Memed, M., 2015, *Desain Hidrolik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis*. Bandung: Alfabeta.

Sihotang, R., Hazmi, M., Rahmawati, D., 2019, *Analisis Debit Banjir Rancangan Dengan Metode HSS Nakayasu*, Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra, Vol. 7, No. 01.

Wigati, R., Soedarsono, Rizki, F., 2016, *Kaji Ulang Bendung Tetap Cipaas (Studi kasus Desa Bunihara Kecamatan Anyer) Serang-Banten*, Jurnal Fondasi, Vol. 5, No. 02, hal 62-73.