

PERENCANAAN ULANG BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA BENDUNGAN BAGONG KABUPATEN TRENGGGALEK

Bagus Prasetya¹, Agus Suhardono², Bobby Asukmajaya R.³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

bagus.prasetya46@gmail.com¹, agussuhardono66@gmail.com², bobbyasukma@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Bendungan Bagong adalah bendungan bertipe urugan batu yang dibangun untuk pengendali banjir di kabupaten Trenggalek dan sebagai cadangan air irigasi pada musim kemarau. Dalam perhitungan ini didapat analisis penelusuran debit banjir $Q_{100} = 164,742 \text{ m}^3/\text{detik}$, $Q_{1000} = 182,419 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan $QPMF = 394,425 \text{ m}^3/\text{detik}$, dengan elevasi air di atas mercu +328,67 meter. Pelimpah ini direncanakan dengan tipe pelimpah langsung yang meliputi dari saluran peluncur, dan saluran peredem energi menggunakan kolam olak USBR tipe III. Dengan hasil analisis saluran peluncur ketinggian air maksimum terjadi pada kala ulang QPMF sebesar 2,355 meter dengan kecepatan aliran maksimum $22,78 \text{ m}^2/\text{detik}$ dan nilai froude di akhir saluran sebesar 7,126. Analisis Stabilitas bangunan pelimpah dikontrol menggunakan kontrol guling, kontrol geser, dan kontrol terhadap daya dukung tanah yang semua kontrol tersebut aman untuk bangunan pelimpah. Selanjutnya untuk penulangannya dinding dan lantai saluran menggunakan dinding yang paling tinggi yaitu pada dinding peredam energi setinggi 8 meter dan pada dinding saluran didapat besar tulangan D13-200 yang dikontrol dalam keadaan saluran kosong dan banjir. Sedangkan untuk lantai salurannya didapat besar tulangan D13-300 yang diasumsikan dalam keadaan banjir. Biaya konstruksi untuk pembangunan bangunan pelimpah sebesar Rp. 241.483.929.346.

Kata kunci: Bendungan, pelimpah, stabilitas, beton bertulang

ABSTRACT

Bagong Dam is a rock-fill type dam that was built for flood control in Trenggalek district and as a reservoir for irrigation water during the dry season. In this calculation, it is found that the flood discharge tracking analysis is $Q_{100} = 164.742 \text{ m}^3/\text{second}$, $Q_{1000} = 182.419 \text{ m}^3/\text{second}$, and $QPMF = 394.425 \text{ m}^3/\text{second}$, with water elevation above the crest +328.67 meters. This spillway is designed with a overflow spillway type which includes from the launch channel, and the energy reducer channel using a USBR type III stilling pool. With the results of the channel analysis the maximum water level occurs at the QPMF return period of 2, 355 meters with a maximum flow speed of $22.78 \text{ m}^2/\text{second}$ and a froude value at the end of the channel of 7.126. Analysis The stability of the spillway is controlled using overturning control, shear control, and control of the bearing capacity of the soil, all of which are safe for spillway structures. Furthermore, for the reinforcement of the walls and floor of the channel using the highest wall, namely the energy absorber wall as high as 8 meters and on the channel wall the amount of reinforcement D13-200 is obtained which is controlled in an empty and flooded channel. As for the floor of the channel of reinforcement D13-300 are assumed to be in a flooded state. The construction cost for the construction of the spillway is Rp. 241.483.929.346.

Keywords: Dam, spillway, stability, reinforced concrete

1. PENDAHULUAN

Semakin hari keperluan manusia untuk memenuhi sumber daya air semakin tinggi, kejadian tersebut sejalan dengan kehidupan masyarakat pada wilayah tertentu. Ada angan-angan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, tetapi tidak jarang semua itu hanya wacana saja, masyarakat yang kurang berhati-hati dalam pengelolaan sumber daya air merupakan

suatu permasalahan dan salah satu faktor penyebab tidak jalannya pengolahan sumber daya air. Sejumlah daerah di Kabupaten Trenggalek apabila musim hujan datang sering terjadi banjir dan dipertanian apabila musim kemarau terjadi kekeringan. Dalam mengatasi berbagai masalah tersebut maka perlu memanfaatkan sumber daya air yang maksimal. Salah satu solusinya adalah dengan pembangunan bendungan

yang layak dan memadai dalam segi teknik. Dan serta selalu memperhatikan keseimbangan lingkungan yang terdapat disekitarnya. Bendungan ini juga dapat digunakan sebagai cadangan air saat musim kemarau tiba. Saat ini di kabupaten Trenggalek tengah dibangun bendungan Bagong yang berlokasi di desa Sengon dan Semurup kecamatan Bendungan yang terletak pada sungai Bagong. Sungai Bagong ini menyumbang debit banjir yang cukup besar sehingga pengendali banjir di kabupaten Trenggalek belum mampu mengatasi banjir di Trenggalek sekitarnya.

Bendungan Bagong sendiri bertipe bendungan urugan batu. Dengan bangunan pelimpah langsung (*overflow spillway*) yang berfungsi mengalirkan air banjir agar tidak terjadi limpasan pada tubuh bendungan, dan untuk menghindarkan dari bahaya *over topping*. Dalam proses perencanaan bangunan pelimpah, ditinjau dari beberapa aspek yaitu, topografi, hidrologi, hidrolika, dan geoteknik. Dalam perencanaan bangunan pelimpah bendungan Bagong kondisi geoteknik dan topografi sangat penting untuk menentukan dimana posisi dan jalur saluran peluncur, dimensi lebar saluran pelimpah yang dilandasi oleh data debit banjir rencana yang didapatkan pada analisis hidrologi. Agar didapat perencanaan yang aman terhadap stabilitasnya, maka perlu analisis hidrolika yang terkait perhitungan muka air dari bangunan pelimpah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir rancangan pada kala ulang Q_{100} , Q_{1000} tahun dan QPMF, mengetahui dimensi bangunan pelimpah yang meliputi saluran peluncur dan saluran peredam energi yang dikontrol dengan stabilitas pada bangunan pelimpah bendungan bagong dan menghitung rencana anggaran biaya pada saluran pelimpah bendungan Bagong kabupaten Trenggalek.

2. METODE

Data Hidrologi

Data ini digunakan untuk perhitungan penelusuran debit banjir rencana dengan berbagai kala ulang tertentu yang menggunakan suatu metode. data yang diperlukan meliputi data debit yang masuk dalam saluran pelimpah selama 24 jam.

Analisis Hidrolika

Debit yang mengalir di atas pelimpah dapat dihitung menggunakan rumus.

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2} \quad (1)$$

Keterangan:

Q = Debit (biasanya debit banjir rencana) ($m^3/detik$)

C = Koefisien limpahan

L = Lebar efektif mercu bendung (meter)

H = Total tinggi tekanan air di atas mercu pelimpah (m)

a. Lebar Efektif Pelimpah

Rumus yang digunakan untuk menghitung panjang efektif pelimpah menggunakan.

$$L = L' - 2(N \cdot K_p + K_a) \cdot H \quad (2)$$

Keterangan:

L = Panjang efektif bendung (m)

L' = Panjang bendung yang sesungguhnya (m)

N = Jumlah pilar-pilar di atas mercu bendung

K_p = Koefisien kontraksi pilar

K_a = Koefisien kontraksi pada dinding samping

H = Tinggi tekanan total di atas mercu bendung (m)

b. Mercu Pelimpah

Mercu pelimpah didapat dari debit outflow yang direncanakan menggunakan tipe ogee. Berikut adalah rumus yang digunakan:

$$X^{1,85} = 2,0 \cdot Hd^{0,85} \cdot Y \quad (3)$$

Keterangan:

X = Jarak horizontal dari titik tertinggi mercu bendung ke titik permukaan mercu sebelah hilir

Y = Jarak vertikal dari titik tertinggi mercu bendung ke titik permukaan mercu sebelah hilir

Hd = Tinggi air di atas ambang

c. Hidrolika di Atas Ambang Pelimpah

Perhitungan ini untuk menentukan tinggi air di atas lereng pelimpah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_z = \sqrt{2g(Z + Hd - Yz)} \quad \text{dan} \quad (4)$$

$$Fr = \frac{V_z}{\sqrt{g \cdot Yz}} \quad (5)$$

Keterangan:

V_z = Kecepatan aliran pada titik sejauh Z (m/detik)

Yz = Kedalaman aliran pada titik sejauh Z (meter)

Fr = Bilangan froude

Hd = Tinggi tekanan air di atas pelimpah (meter)

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

d. Saluran Peluncur

Perhitungan saluran ini menggunakan persamaan kekal energi, berikut rumus kekal energi:

$$h_{e1} = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} + \frac{n \cdot \bar{V}^2}{R^{4/3}} \cdot \Delta l \quad (6)$$

$$h_{e2} = d_1 + \Delta l \cdot \text{tg}\theta - d_2 \quad (7)$$

Keterangan:

h_e = Perbedaan muka air pada penampang 1 dan 2 (m)

V_1 = Kecepatan aliran pada penampang 1 (m/detik)

V_2 = Kecepatan aliran pada penampang 2 (m/detik)

d_1 = Kedalaman air pada penampang 1 (m)

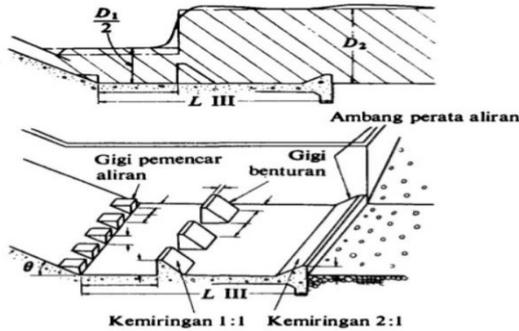
d_2 = Kedalaman air pada penampang 2 (m)

Δl = Jarak horisontal antara penampang 1 dan 2 (m)

- θ = Sudut kemiringan dasar saluran
- V = Kecepatan rata-rata antara penampang 1 dan 2 (m/detik)
- R = Jari-jari hidrolik rata-rata antara penampang 1 dan 2 (m)

e. Saluran Peredam

Jenis peredam yang digunakan pada bendungan dipilih dan disesuaikan tipe bendungannya, kondisi topografinya, dan sistem kerjanya. Bendungan ini menggunakan kolam olakan datar tipe III.



Gambar 1. Kolam olakan datar tipe III

Sumber: Sosrodarsono, 1977

Analisis Stabilitas Pelimpah

Analisis ini digunakan untuk mengontrol apakah bangunan yang direncanakan dapat kuat menahan beban-beban yang mempengaruhi bangunan pelimpah. Berikut merupakan tinjauan kontrol yang ada pada bangunan pelimpah.

a. Stabilitas Terhadap Guling

Stabilitas ini ditinjau dalam dua kondisi yaitu pada keadaan normal dan gempa berikut merupakan persamaannya:

Keadaan normal

$$Sf = \frac{\Sigma Mt}{Mg} > 1,5 \tag{8}$$

Keadaan gempa

$$Sf = \frac{\Sigma Mt}{Mg} > 1,25 \tag{9}$$

Keterangan:

ΣMt = Momen tahanan (t.m)

ΣMg = Momen guling (t.m)

Sf = Faktor keamanan

b. Stabilitas Terhadap Geser

Stabilitas ini ditinjau dalam dua kondisi yaitu pada keadaan normal dan gempa berikut merupakan persamaannya:

Keadaan normal

$$Sf = \frac{C.A+f.\Sigma v}{\Sigma H} > 1,5 \tag{10}$$

Keadaan gempa

$$Sf = \frac{C.A+f.\Sigma v}{\Sigma H} > 1,25 \tag{11}$$

Keterangan:

Σv = Jumlah gaya vertikal (ton)

ΣMg = Jumlah gaya horizontal (ton)

Sf = Faktor keamanan

C = Kohesi antara dasar pondasi dengan tanah

A = Luas penampang efektif (m²)

f = $\tan \phi$ = sudut geser tanah

c. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

$$e = \frac{L}{2} - \frac{\Sigma Mv - \Sigma MH}{\Sigma V} > \frac{L}{6} \tag{12}$$

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{L.B} \cdot \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) < \tau \tag{13}$$

Keterangan:

σ = Besar daya dukung tanah (t/m²)

e = Resultan gaya (m)

Mv = Momen akibat gaya vertikal (t.m)

MH = Momen akibat gaya horizontal (t.m)

B = Lebar pondasi

L = Panjang pondasi (m)

τ = Tegangan ijin (t/m²)

Σv = Jumlah gaya vertikal (ton)

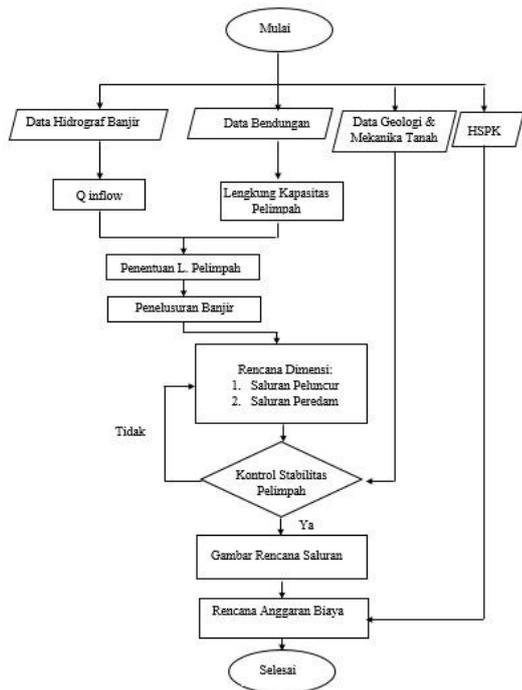
Penulangan Dinding dan Pelat Saluran

Pada perencanaan dinding dan pelat di saluran ini dengan menggunakan beton bertulang. Perencanaan beton bertulang sendiri harus memperhatikan dasar tertentu agar mutu dan kualitasnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Untuk menjamin agar beton bertulang dapat menahan beban dan bekerja dengan baik maka, perencanaan beton bertulang harus memperhatikan dasar keamanan dan kekuatannya.

Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya adalah suatu bangunan yang diperhitungkan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah,serta biaya- biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek. Dalam menyusun anggaran biaya harus dihitung dengan secara teliti dan cermat.

Diagram alir metode perencanaan ulang bangunan pelimpah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Flow Chart Perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan bangunan pelimpah dilakukan pada bendungan Bagong yang berlokasi di desa Semurup dan desa Sengon kecamatan Bendungan kabupaten Trenggalek. Dengan luas rencana bendungan seluas ±214,12 Ha.

Analisis Hidrologi

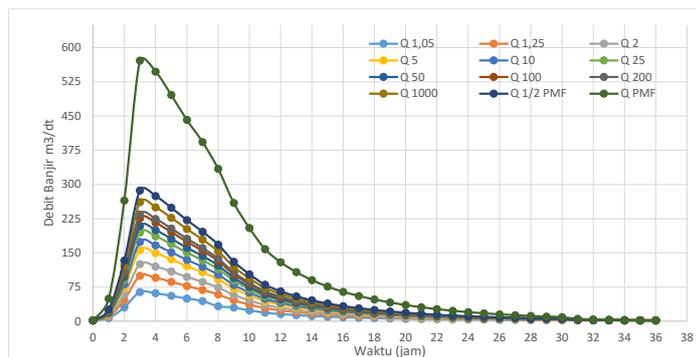
a. Debit Banjir Rencana

Tabel 1. Hidrograf Satuan Metode HSS Nakayasu

Waktu (jam)	Kala Ulang											
	1	2	5	10	25	50	100	200	1000	1/2PMF	PMF	
0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1	7	12	15	16	18	19	20	21	23	26	49	
2	31	59	73	81	91	97	105	109	122	133	265	
3	64	126	156	174	195	##	225	234	262	287	572	
4	61	120	150	167	186	##	216	224	250	275	547	
5	56	109	136	151	169	181	196	203	227	249	496	
6	50	97	121	135	150	161	174	181	202	222	441	
7	44	86	107	120	134	143	155	161	179	197	393	
8	33	74	92	102	114	123	132	137	153	168	334	
9	30	58	72	80	89	95	103	107	119	131	260	
10	24	46	57	63	70	75	81	84	94	103	204	
11	19	36	44	49	55	59	63	66	73	80	158	
12	16	30	36	40	45	48	52	54	60	66	129	
13	13	25	30	34	38	40	43	45	50	55	108	
14	11	21	26	29	32	34	37	38	42	46	90	
15	10	18	22	24	27	29	31	32	36	39	76	
16	9	15	19	21	23	25	26	27	30	33	65	
17	8	13	16	18	20	21	23	24	26	29	56	
18	7	12	14	16	17	19	20	21	23	25	48	
19	6	10	13	14	15	16	17	18	20	22	41	
20	6	9	11	12	13	14	15	16	17	19	36	
21	5	8	10	11	12	12	13	14	15	16	31	
22	5	7	9	9	10	11	12	12	13	14	27	

23	4	6	8	8	9	10	10	10	12	12	23
24	4	6	7	7	8	8	9	9	10	11	20

Sumber: Balai Besar Wilayah Sungai Besar



Gambar 3. Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu
Sumber: Balai Besar Wilayah Sungai Brantas

Dimana terjadi jam puncak pada jam ke 3 yaitu sebesar $Q_{100} = 225,41 \text{ m}^3/\text{detik}$, $Q_{1000} = 261,57 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan $Q_{PMF} = 571,64 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dengan debit yang masuk (Q_{inflow}) maka untuk lebar saluran pelimpah direncanakan sebesar 25 meter dari hilir saluran sampai dengan hulu saluran pelimpah.

b. Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir digunakan untuk memprediksi banjir yang nantinya terjadi atau melewati disuatu pelimpah baik saat banjir yang akan masuk (Q_i) ke dalam pelimpah maupun yang keluar (Q_o). Dari perhitungan penelusuran banjir didapatkan debit tertinggi pada saat masuk sebesar $511,64 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan saat keluar sebesar $394,43 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Dimensi Pelimpah

a. Kapasitas Pelimpah

Dalam perhitungan kapasitas pelimpah harus diketahui terlebih dahulu koefisien debit. Jadi, untuk mencari koefisien debit menggunakan rumus iwasaki. Berikut penjelasannya:

$$H_d = \left(\frac{Q}{C.L}\right)^{2/3}$$

$$H_d = \left(\frac{225,41}{2,017.25}\right)^{2/3} = 2,715 \text{ meter}$$

$$C = cd$$

$$\alpha = 0,352$$

$$C = 1,6 \frac{1+2\alpha\left(\frac{h}{H_d}\right)}{1+\alpha\left(\frac{h}{H_d}\right)}$$

$$C = 1,6 \frac{1+2.0,352\left(\frac{1}{1}\right)}{1+0,352\left(\frac{1}{1}\right)} = 2,017$$

Didapat nilai $C = 2,017$ dan nilai $H=H_d$ tertinggi sebesar 5,051 meter.

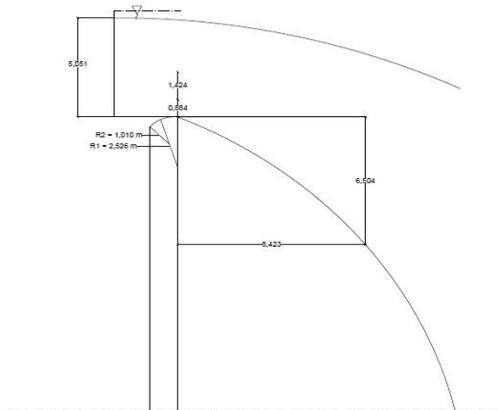
b. Mercu Pelimpah

Mercu pelimpah dapat diperoleh dari masing-masing debit outflow. Mercu pelimpah menggunakan direncanakan tipe ogee.

Tabel 2. Koordinat Mercu Hilir

X	Y	Elevasi
0	0,000	325,000
0,500	0,035	324,965
0,884	0,100	324,900
1,000	0,126	324,874
1,424	0,243	324,757
1,500	0,267	324,733
2,000	0,455	324,545
2,500	0,687	324,313
3,000	0,963	324,037
3,500	1,281	323,719
4,000	1,640	323,360
4,500	2,040	322,960
8,423	6,504	318,496

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4. Koordinat Mercu Pelimpah

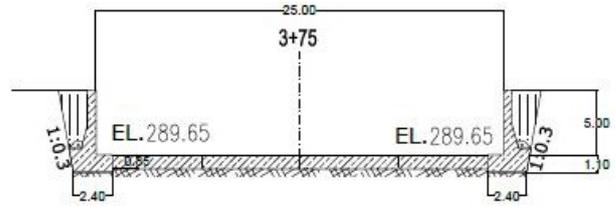
Sumber: Hasil Desain

Dari gambar koordinat di atas dapat diketahui bahwa tinggi tekanan rencana tertinggi sebesar 5,051 meter.

c. Saluran Peluncur

Dengan memperhatikan kondisi topografi dan kondisi geologi didaerah bendungan Bagong direncanakan saluran peluncur sepanjang 358,63 meter dengan lebar saluran 25 meter yang dibagi dalam tiga peluncur karena memiliki kemiringan yang berbeda-beda. Elevasi pada hulu peluncur +320,47 dan hilir peluncur sebesar +213,00. Dapat diketahui bahwa ketinggian muka air pada bagian hilir setinggi 0,79 meter.

Dengan adanya tiga jenis saluran peluncur yang berbeda-beda di kemiringan dan panjangnya maka, dalam pelaksanaannya diperlukan waterstop untuk mencegah terjadinya rembesan air atau kebocoran saluran.



Gambar 5. Konstruksi Saluran Peluncur

Sumber: Hasil Desain

d. Saluran Peredam Energi

Bangunan peredam energi direncanakan berdasarkan data hasil perhitungan saluran peluncur di hilirnya. Peredam energi ini direncanakan dengan kala ulang 100 tahun karena mempertimbangkan keadaan reservoir di wilayah bendungan Q100 = 164,74 m³/dtk. . Dari persoalan di atas maka data-data yang diperlukan dalam perencanaan bangunan peredam sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan air (V)} = 15,88 \text{ m/detik}$$

$$\text{Nilai froude (Fr)} = 7,87$$

$$\text{Debit per meter} = q = \frac{Q}{b} = \frac{164,74}{25} = 6,59 \text{ m}^3/\text{detik/m}$$

Berdasarkan data di atas, maka dapat diketahui bahwa menggunakan tipe peredam energi yaitu peredam energi tipe kolam olak USBR III karena sesuai dengan pernyataan $V < 18,00 \text{ m/dtk}$, $Fr > 4,5$, dan $q < 18,50 \text{ m}^3/\text{dtk/m}$.

e. Kedalaman Air Diujung Hilir Kolam Olak

Rumus yang digunakan untuk ujung hilir peredam energi kolam olak USBR III sebagai berikut:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1)$$

$$\frac{d_2}{0,47} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8 \cdot 7,87^2} - 1)$$

$$\frac{d_2}{0,47} = 11,130$$

$$d_2 = 5,231 \text{ meter}$$

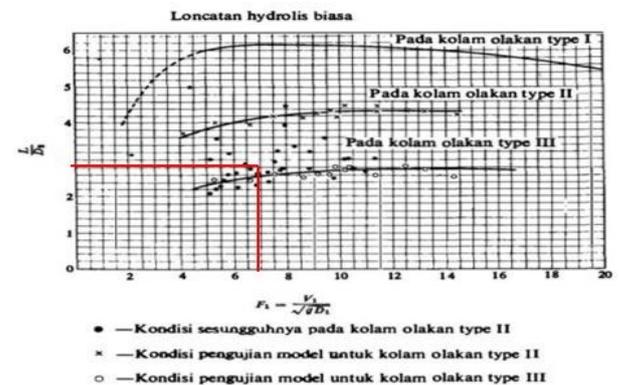
f. Panjang Kolam Olakan Loncatan (L)

Panjang kolam olakan dapat dihitung menggunakan rumus:

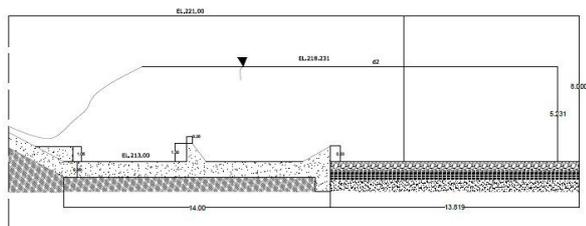
$$\frac{L}{d_2} = 2,642$$

$$\frac{L}{5,231} = 2,642$$

$$L = 13,819 \text{ meter}$$



Gambar 6. Panjang Loncatan Hidrolis Kolam Olak
Sumber: Sosrodarsono, 1977



Gambar 7. Konstruksi Saluran Peredam Energi
Sumber: Hasil Desain

Stabilitas Bangunan Pelimpah

a. Stabilitas Pelimpah Terhadap Guling Kondisi MAN

Tanpa gempa,

$$Sf = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} = \frac{389,872}{63,748} = 6,116 > 1,5 \text{ (Ok Aman)}$$

Dengan gempa,

$$Sf = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} = \frac{389,872}{52,286} = 7,457 > 1,25 \text{ (Ok Aman)}$$

b. Stabilitas Pelimpah Terhadap Geser Kondisi MAN

Tanpa gempa,

$$Sf = \frac{f \cdot \sum v}{\sum H} = \frac{0,6 \cdot 66,60}{22,216} = 1,799 > 1,5 \text{ (Ok Aman)}$$

Dengan gempa,

$$Sf = \frac{f \cdot \sum v}{\sum H} = \frac{0,6 \cdot 66,60}{19,666} = 2,03 > 1,25 \text{ (Ok Aman)}$$

c. Stabilitas Pelimpah Terhadap Daya Dukung Tanah

Tanpa gempa,

$$\sigma_{max} = \frac{\sum v}{L \cdot B} \cdot \frac{1-6 \cdot e}{B} = \frac{66,60}{9,2 \cdot 6,4} \cdot \frac{1+6 \cdot -1,714}{6,4} = -0,246$$

$$= -0,246 < q_{all}$$

$$= -0,246 < 1456,358 \text{ ton/m}^2 \text{ (Ok Aman)}$$

Dengan gempa,

$$\sigma_{max} = \frac{\sum v}{L \cdot B} \cdot \frac{1-6 \cdot e}{B} = \frac{66,60}{9,2 \cdot 6,4} \cdot \frac{1+6 \cdot -1,885}{6,4} = -0,313$$

$$= -0,313 < q_{all}$$

$$= -0,313 < 1456,358 \text{ ton/m}^2 \text{ (Ok Aman)}$$

d. Stabilitas Pelimpah Terhadap Guling Kondisi MAB

Tanpa gempa,

$$Sf = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} = \frac{410,636}{63,748} = 6,442 > 1,5 \text{ (Ok Aman)}$$

Dengan gempa,

$$Sf = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} = \frac{410,636}{52,286} = 8,124 > 1,25 \text{ (Ok Aman)}$$

e. Stabilitas Pelimpah Terhadap Geser Kondisi MAB

Tanpa gempa,

$$Sf = \frac{f \cdot \sum v}{\sum H} = \frac{0,6 \cdot 92,60}{22,216} = 2,501 > 1,5 \text{ (Ok Aman)}$$

Dengan gempa,

$$Sf = \frac{f \cdot \sum v}{\sum H} = \frac{0,6 \cdot 92,60}{19,666} = 2,83 > 1,25 \text{ (Ok Aman)}$$

f. Stabilitas Pelimpah Terhadap Daya Dukung Tanah

Tanpa gempa,

$$\sigma_{max} = \frac{\sum v}{L \cdot B} \cdot \frac{1-6 \cdot e}{B} = \frac{66,60}{9,2 \cdot 6,4} \cdot \frac{1+6 \cdot -0,564}{6,4} = -0,282$$

$$= -0,282 < q_{all}$$

$$= -0,282 < 1456,358 \text{ ton/m}^2 \text{ (Ok Aman)}$$

Dengan gempa,

$$\sigma_{max} = \frac{\sum v}{L \cdot B} \cdot \frac{1-6 \cdot e}{B} = \frac{66,60}{9,2 \cdot 6,4} \cdot \frac{1+6 \cdot -0,805}{6,4} = 0,132$$

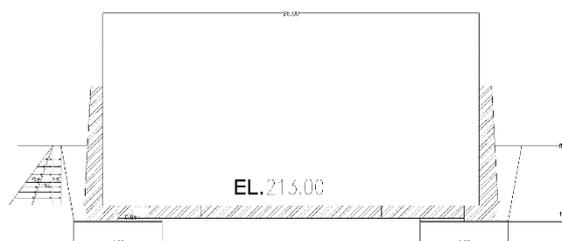
$$= 0,132 < q_{all}$$

$$= 0,132 < 1456,358 \text{ ton/m}^2 \text{ (Ok Aman)}$$

Desain Lantai dan Dinding Saluran Pelimpah

a. Desain Dinding pada Keadaan Kosong

Pada saluran dinding yang tertinggi pada saluran peredam energi didapatkan tulangan D13-200. Berikut merupakan gambar saluran dalam keadaan kosong.

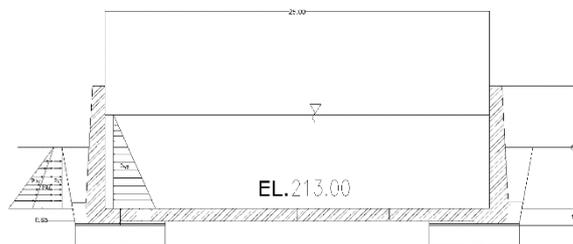


Gambar 8. Saluran Pada Keadaan Kosong

Sumber: Hasil Desain

b. Desain Dinding pada Keadaan Banjir

Pada saluran dinding yang tertinggi pada saluran peredam energi didapatkan tulangan D13-200. Berikut merupakan gambar saluran dalam keadaan banjir.

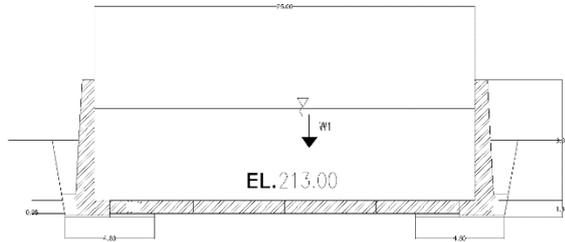


Gambar 9. Saluran Pada Keadaan Banjir

Sumber: Hasil Desain

c. Desain Lantai Saluran pada Keadaan Banjir

Pada lantai saluran dalam keadaan banjir didapatkan tulangan D13-300. Berikut merupakan gambar gaya yang terjadi pada lantai saluran.



Gambar 10. Lantai Saluran Pada Keadaan Banjir
 Sumber: Hasil Desain

4. KESIMPULAN

Dari perhitungan dan analisis bahwa penelitian tentang Perencanaan Ulang Bangunan Pelimpah (*Spillway*) Pada Bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan perhitungan penelusuran debit Qoutflow adalah $Q_{100} = 164,742 \text{ m}^3/\text{detik}$, $Q_{1000} = 182,419 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan $Q_{PMF} = 394,425 \text{ m}^3/\text{detik}$.
- b. Saluran peluncur didapatkan dinding tertinggi setinggi 5,051 meter pada saat kala ulang QPMF.
- c. Peredam energi menggunakan kolam olak USBR tipe III yang memiliki panjang 13,819 meter, lebar 25,00 meter, dan tinggi 8,00 meter.
- d. Pada perhitungan stabilitas bangunan pelimpah yang ditinjau dari stabilitas terhadap guling pada saat m stabilitas terhadap geser, dan terhadap daya dukung tanah dari ketiga tinjauan tersebut sudah memenuhi untuk perencanaan bangunan pelimpah dan juga bangunan pelimpah sudah memenuhi dan aman dalam kondisi muka air normal maupun muka air banjir berikut hasil dan syaratnya:

- Stabilitas terhadap guling pada kondisi MAN:
 Tanpa gempa = $6,116 > 1,5$ (aman)
 Dengan gempa = $7,460 > 1,25$ (aman)
- Stabilitas terhadap geser pada kondisi MAN:
 Tanpa gempa = $1,799 > 1,5$ (aman)
 Dengan gempa = $2,030 > 1,25$ (aman)
- Daya dukung tanah pada kondisi MAN:
 Tanpa gempa: Eksentrisitas = $-1,697 < 1,067$ (aman)
 Tekanan minimum = $1,078 < 1456,358$ (aman)
 Tekanan maksimum = $-0,246 < 1456,358$ (aman)
 Dengan gempa: Eksentrisitas = $-1,697 < 1,067$ (aman)
 Tekanan minimum = $1,145 < 1456,358$ (aman)
 Tekanan maksimum = $-0,313 < 1456,358$ (aman)
- Stabilitas terhadap guling pada kondisi MAB:
 Tanpa gempa = $6,442 > 1,5$ (aman)

Dengan gempa = $8,124 > 1,25$ (aman)

- Stabilitas terhadap geser pada kondisi MAB:
 Tanpa gempa = $2,501 > 1,5$ (aman)
 Dengan gempa = $2,830 > 1,25$ (aman)
- Daya dukung tanah pada kondisi MAB:
 Tanpa gempa: Eksentrisitas = $-0,546 < 1,067$ (aman)
 Tekanan minimum = $0,875 < 1456,358$ (aman)
 Tekanan maksimum = $-0,282 < 1456,358$ (aman)
 Dengan gempa: Eksentrisitas = $-0,822 < 1,067$ (aman)
 Tekanan minimum = $1,593 < 1456,358$ (aman)
 Tekanan maksimum = $0,132 < 1456,358$ (aman)
- e. Untuk penulangan pada saluran yang mempunyai dinding tertinggi pada saluran peredam energi didapatkan tulangan D13-200 pada dinding saluran dan pada lantai saluran didapatkan tulangan D13-300.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Chow, Ven Te. 1984. *Open Channel Hydraulic terjemahan Suyatman dkk*, Erlangga. Jakarta.
- (2) Dipohusodo, Istimawan. 1993. *Struktur Beton Bertulang*, Departemen Pekerjaan Umum RI. Jakarta.
- (3) Direktorat Jenderal Pengairan, 1986, *Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP 02*.
- (4) Direktorat Jenderal Pengairan, 2009, *Kriteria Perencanaan Bagian Parameter Bangunan KP 06*.
- (5) M Das, Braja, 1985, *Mekanika Tanah Jilid I*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- (6) M Das, Braja, 1995, *Mekanika Tanah Jilid II*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- (7) Sosrodarsono, Suyono, 1977, *Bendungan Type Urugan*, PT Prayadnya Paramita, Jakarta.