

DESAIN KOLAM PEREDAM ENERGI BENDUNG PLAOSAN KABUPATEN SEMARANG

Eric Afrida¹⁾, Totok Apriyanto²⁾, Ratih Pujiastuti³⁾

Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman Guppi

Email : ericafrida13simdig@gmail.com¹⁾, apri.totok@gmail.com²⁾, ratih.adiyanto@gmail.com³⁾

ABSTRACT

Hydraulic aspect of the weir is important factors in planning a stilling basin. Remaining energy on the stilling basin is expected to be as minimal as possible so that scour does not occur on the river bed. Plaosan Weir does not yet have a stilling basin structure. Therefore it is necessary to recommend the design of stilling basin.

The analysis carried out hydrological analysis, including calculating return period rainfall, flood discharge (Q) using the Haspers method, and calculating Froude number (Fr) to determine pond type. Based on the recommendations for the type of stilling basin, a building design is carried out and also stability of design..

From the results of calculation it is obtained that 50-year return period rainfall is 108.68 mm. Planned discharge for 50 years is 186.06 m³/s, and froude number : 4. The appropriate type of stilling basin is USBR Type IV. The pond is planned to have a length of $L = 17$ m, with a block face width of 0.68 m, height of 1.36 m, distance between front blocks of 1.69 m and total of 13 pieces. The results of stability control analysis during normal water conditions and flood water conditions produce values above the safety factor so that it can be concluded that the design is planned qualify.

Keywords : *Froude Number, Stilling Basin, Weir*

ABSTRAK

Aspek hidraulik pada bendung merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perencanaan kolam peredam energi. Sisa energi di hilir kolam peredam energi diharapkan seminimal sehingga mungkin sehingga tidak terjadi gerusan pada dasar sungai. Saat ini, pada Bendung Plaosan belum terdapat struktur kolam peredam energi. Oleh karena itu perlu direkomendasikan desain kolam peredam energi.

Analisis yang dilakukan meliputi analisa hidrologi antara lain menghitung curah hujan rencana tahunan, debit banjir rencana (Q) menggunakan metode Haspers, dan menghitung bilangan Froude (Fr) untuk menentukan tipe kolam yang sesuai. Dari rekomendasi tipe kolam peredam energi dilakukan desain bangunan serta menghitung stabilitasnya.

Dari hasil perhitungan curah hujan rencana diperoleh curah hujan kala ulang 50 tahun sebesar 108,68 mm. Debit rencana 50 tahun sebesar 186,06 m³/det, dan bilangan froude = 4. Adapun tipe kolam peredam energi yang sesuai adalah USBR Tipe IV. Kolam direncanakan mempunyai panjang $L=17$ m, dengan ukuran blok muka lebar 0,68 m, tinggi 1,36 m, jarak antar blok muka 1,69 m dan berjumlah 13 buah. Hasil analisa kontrol stabilitas pada saat kondisi air normal dan kondisi air banjir menghasilkan nilai diatas angka keamanan (safety factor) sehingga bisa disimpulkan bahwa desain yang direncanakan. memenuhi syarat.

Kata kunci : *Bilangan Froude, Kolam Peredam Energi, Bendung*

PENDAHULUAN

Bendung Plaosan terletak di Desa Dadap Ayam Kecamatan Suruh, Kabupaten Semarang. Bendung ini mengairi 391.20 Ha lahan di sepanjang aliran daerah irigasi (DI) Plaosan.

Pada kondisi existing bendung belum ada kolam peredam energi yang menyebabkan besarnya daya rusak gerusan akibat air banjir yang terjadi di hilir bendung terhadap sungai. Oleh karena itu maka perlu direncanakan pembangunan kolam peredam energi pada Bendung Plaosan ini.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan rekomendasi desain kolam peredam energi bendung Plaosan Kabupaten Semarang. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung curah hujan rencana
2. Menghitung debit banjir rencana
3. Merencanakan rekomendasi desain.

LANDASAN TEORI

Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi adalah analisa yang dilakukan untuk mendapatkan data atau fakta mengenai hidrologi, seperti besarnya : curah hujan, debit banjir, tinggi muka air sungai dan lain-lain.

A. Analisis data curah hujan

Pengamatan dilakukan dengan pos hujan yang terletak didalam atau disekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk mendapatkan

curah hujan maksimum (R_{24}). Metode yang bisa digunakan dalam menentukan curah hujan rata-rata DAS yaitu :

1. Metode rata-rata Aljabar.
2. Metode Polygon Thiessen.
3. Metode Isohyet.

B. Analisis Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramal besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Berdasarkan curah hujan rencana tersebut kemudian dicari intensitas hujan yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana [1]. Untuk perhitungan dapat menggunakan metode [2]:

1. Metode distribusi normal
2. Metode distribusi log Normal
3. Metode Gumbel
4. Metode Log Person tipe III.

Tabel 1. Syarat Distribusi

Distribusi	Syarat Nilai
Distribusi Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
Distribusi Log Normal	$C_s \approx 1,137$ $C_k \approx 5,54$
Distribusi Gumbel	$C_s \approx 1,1396$ $C_k \approx 5,4002$
Distribusi Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$ $C_v \approx 0,3$

C. Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan debit banjir yang yang diperkirakan melewati penampang sungai dengan periode ulang tertentu. Dalam perhitungan debit banjir rancangan dapat dihitung dengan beberapa metode sebagai berikut [3]:

1. Metode Haspers

2. Metode Rasional
3. Metode der *Weduwen*
4. Metode *HSS Gamma I*
5. Metode *Nakayasu*.

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika digunakan untuk menghitung dan merencanakan dimensi dan bilangan froude (FR) guna menentukan tipe Kolam peredam energi yang akan digunakan pada bendung. Dimana rumus menentukan bilangan froude adalah sebagai berikut :

$$Fr = \frac{v1}{\sqrt{gyu}}$$

Selanjutnya untuk menentukan panjang kolam peredam energi dapat dilakukan dengan cara [4]:

$$L_j = 5 (n + y_2)$$

Untuk syarat penentuan tipe kolam peredam energi adalah :

- a. Untuk $Fr \leq 1,7$ tidak diperlukan peredam energi, pada saluran tanah bagian hilir harus dilindungi dari bahaya erosi, saluran pasangan batu atau beton tidak memerlukan lindungan khusus.
- b. Bila $1,7 < Fru \leq 2,5$ maka kolam olak diperlukan untuk meredam energi secara efektif. Pada umumnya kolam olak dengan ambang ujung mampu bekerja dengan baik.
- c. Jika $2,5 < Fru \leq 4,5$ paling sulit dalam memilih kolam olak yang tepat. Loncatan air tidak terbentuk dengan baik dan

menimbulkan gelombang sampai jarak yang jauh di saluran. Cara mengatasinya adalah mengusahakan agar kolam olak untuk bilangan Froude ini mampu menimbulkan olakan (turbulensi) yang tinggi dengan blok halangnya atau menambah intensitas pusaran dengan pemasangan blok depan kolam. Blok ini harus berukuran besar (USBR Tipe IV).

- d. $Fru \geq 4,5$ ini akan merupakan kolam yang paling ekonomis karena kolam ini pendek. Tipe ini, termasuk kolam olak USBR Tipe III yang dilengkapi dengan blok depan dan blok halang.

Stabilitas

Bangunan harus memenuhi syarat stabilitas yang sesuai dengan kriteria ada beberapa gaya yang harus dihitung untuk mengetahui stabilitas bendung dan kolam peredam energi, antara lain [5] :

1. Gaya berat sendiri bendung
2. Gaya gempa
3. Gaya hidrostatis
4. Gaya tekanan keatas (*uplift pressure*)
5. Gaya tekan lumpur.

Runtuhnya bangunan gravitasi terjadi dikarenakan ada tiga penyebab yaitu :

1. Gelincir (*sliding*)
2. Guling (*overturning*)
3. Erosi bawah tanah (*piping*)

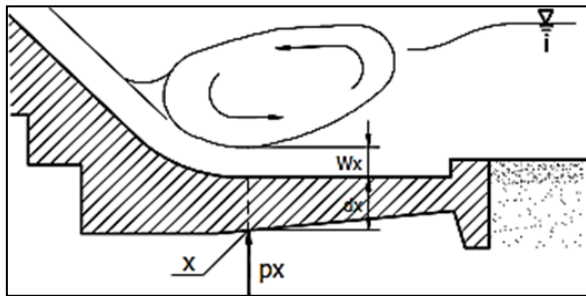
Tiap bagian bangunan diandaikan berdiri sendiri dan tidak mungkin ada distribusi gaya

– gaya melalui momen lentur. Oleh sebab itu, tebal lantai kolam olak dihitung sebagai berikut.

$$d_x \geq S \frac{P_x - W_x}{\tau}$$

dimana :

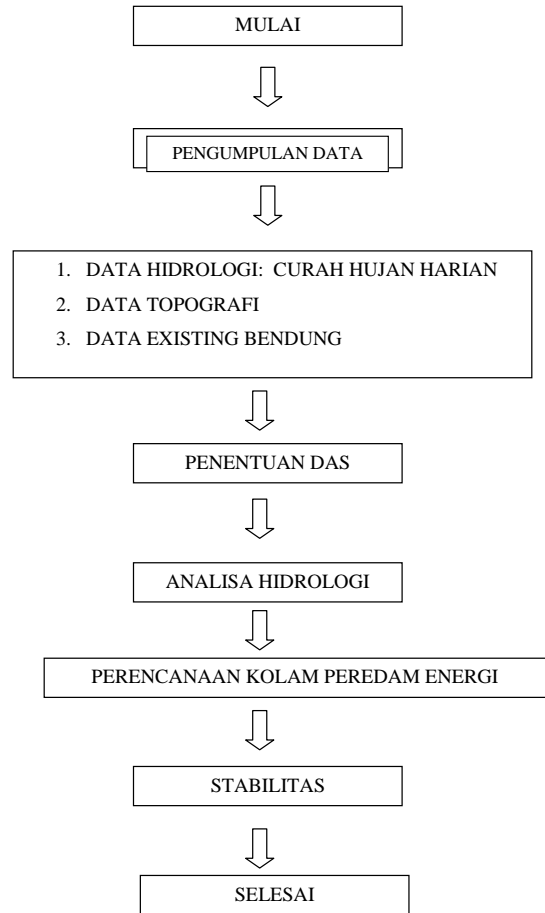
- d_x =Tebal lantai pada titik x (m)
- P_x = Gaya angkat pada titik x (kg/m²)
- W_x = Kedalaman air pada titik x (m)
- T = Berat jenis bahan (kg/m³)



Gambar 1. Tebal Lantai Kolam Peredam Energi

METODOLOGI

Pada penelitian ini tahapan yang dilakukan adalah pengumpulan data, pengolahan data, kemudian proses perencanaan.

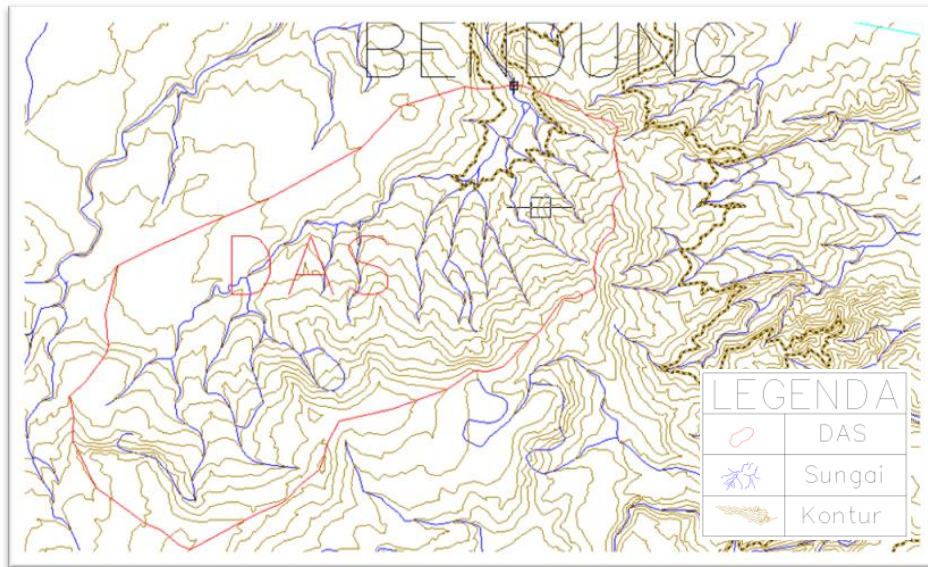


Gambar 2. Bagan Alir Metodologi

ANALISA DAN PERHITUNGAN

Analisa Hidrologi

Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS) dilakukan berdasar pada peta bumi. DAS Bendung Plaosan berdasar peta tersebut mempunyai luasan sebesar 6,8 km² dengan rencana lokasi penelitian berada pada Sungai Dersi Kabupaten Semarang. Penentuan luasan ini dengan menggunakan program AutoCad. Gambar DAS Bendung Plaosan dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 3. DAS Bendung Plaosan

Curah hujan maksimum harian rata – rata DAS dihitung dengan metode *Thiessen*.. Penggunaan metode *Thiessen* karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat untuk digunakan metode ini. Stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS Sungai Dersi yaitu stasiun hujan Susukan dan stasiun hujan Wonosegoro. Berdasarkan hasil pengukuran dengan AutoCad, luas pengaruh pada stasiun ditunjukkan pada Tabel dibawah ini.

Tabel 2. Pengaruh Pos Hujan

POS HUJAN	Luas Pengaruh (km ²)	%
Wonosegoro	4.531	0.668
Susukan	2.264	0.332

Data curah hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan. Dari hasil penentuan curah hujan maksimum dari 2

stasiun, perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan harian maksimum untuk menentukan debit banjir rencana dengan metode Log Person tipe III.

Tabel 4. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Person Tipe III untuk Periode Ulang T tahun

No	T (tahun)	Xt (mm)
1	2	79.09
2	5	92.45
3	10	109.95
4	25	105.95
5	50	108.68
6	100	111.62

Analisis debit banjir digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu daerah aliran sungai (DAS) yang akan terjadi dalam berbagai periode ulang. Dalam penelitian ini dipilih Metode Haspers untuk menghitung debit banjir rencana, dan diperoleh debit banjir sebagai berikut.

Tabel 5. Rekap Perhitungan Q Metode Haspers

Q RENCANA	Debit (m ³ /dt)
Q2	135.41
Q5	158.28
Q10	188.24
Q25	181.39
Q50	186.06
Q100	191.10

Analisis Hidrolika

Dalam perencanaan kolam peredam energi, hal utama yang harus diketahui adalah elevasi muka air rencana diatas muka bendung. Dalam perhitungan ini data muka air rencana didapat dari desain existing yang ada, dengan data sebagai berikut :

- Elevasi Muka Air Rencana = 460.07 m
- Elevasi Tanah Dasar Bendung = 457 m
- Kemiringan dasar sungai (I) = 0.03
- Lebar sungai pada As Bendung (B) = 31.2 m

- Luas Penampang (A) = 109.89 m²
- Keliling Penampang (P) = 92.4 m
- Koefisien Strickler K = 50

Dari perhitungan yang dilakukan diperoleh :

- Lebar efektif mercu = 27.08 m
- Tinggi jatuh (z) = 4.36 m
- Tinggi ambang ujung = 0.85m
- Tinggi blok muka = 1.36m
- Jarak antar blok = 1.69m
- bilangan Froude

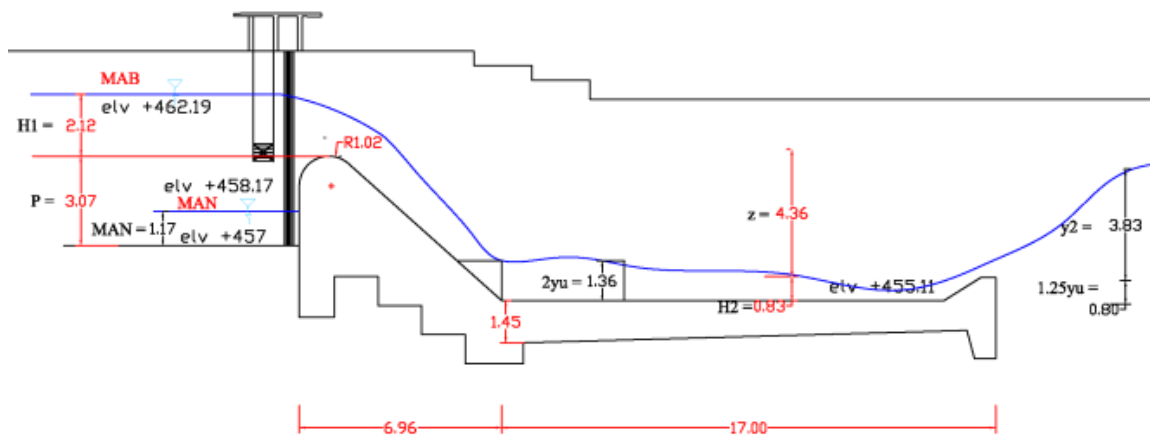
$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g y}} = \frac{q}{\sqrt{g y^3}} = 4$$

Dari bilangan Froude ini disimpulkan tipe kolam peredam energi yang tepat adalah USBR type IV.

- Panjang kolam peredam energi

$$L_j = 5 (y_2 - y_z) = 17 \text{ m}$$

Dari data diatas dapat direncanakan rekomendasi desain bendung dan kolam peredam energi sebagai berikut :



Gambar 4. Rekomendasi Desain Bendung dengan Kolam Peredam Energi

Analisa Stabilitas Konstruksi

Konstruksi rantai peredam energi yang sudah direncanakan harus dikontrol stabilitasnya

terhadap gaya – gaya yang bekerja, baik dalam kondisi normal maupun gempa.

Analisa stabilitas yang dilakukan terhadap konstruksi lantai peredam energi meliputi :

1. stabilitas terhadap guling
2. Stabilitas terhadap geser
3. Stabilitas terhadap daya dukung tanah.

Kontrol Stabilitas Guling

Kondisi Air Normal

$$\sum Mt = 1754.87$$

$$\sum Mg = 328.84$$

$$Sf = \frac{Mt}{Mg} = 5.34 > 1.5 \text{ (Aman)}$$

Kondisi Air Banjir

$$\sum Mt = 1961.94$$

$$\sum Mg = 531.57$$

$$Sf = \frac{Mt}{Mg} = 3.69 > 1.25 \text{ (Aman)}$$

Untuk ketebalan lantai kolam peredam energi yang direncanakan dapat dihitung dengan kontrol stabilitas terhadap Guling dengan perhitungan dan gambar seperti dibawah ini.

Kondisi Air Normal

$$dx \geq S \times \frac{Px - Wx}{T}$$

$$dx \geq 1.5 \times \frac{2.47 - 1.36}{2.4}$$

$$dx \geq 0.70 \text{ m}$$

Kondisi Air Banjir

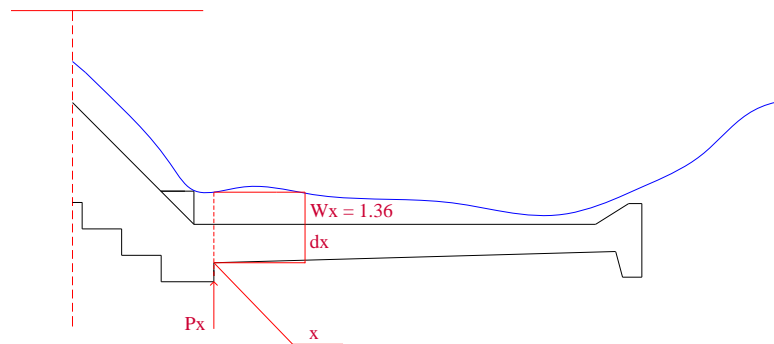
$$dx \geq S \times \frac{Px - Wx}{T}$$

$$dx \geq 1.25 \times \frac{3.49 - 1.36}{2.4}$$

$$dx \geq 1.11 \text{ m}$$

Pada desain direncanakan tebal kolam peredam energi 1.45 m artinya tebal lantai aman dalam kondisi normal maupun banjir.

Tebal Kolam



Gambar 6. Potongan Tebal Lantai Kolam peredam Energi

Stabilitas Terhadap Geser

Kondisi Air Normal

$$Sf = \frac{Rv}{RH} f = \frac{75.71}{7.19} * 0.85 = 8.95 > 1.5 \text{ (Aman)}$$

Kondisi Air Banjir

$$Sf = \frac{Rv}{RH} f = \frac{60.81}{12.53} * 0.85 = 4.12 > 1.25 \text{ (Aman)}$$

Daya dukung tanah

$$\sigma = \frac{Rv}{B} 1 \pm \frac{6e}{B} < 20$$

$$\sigma_1 = \frac{Rv}{B} 1 + \frac{6e}{B}$$

$$\sigma_1 = \frac{60.81}{22.94} 1 + \frac{-72.32}{22.94}$$

$$\sigma_1 = -0.50 < 20 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_2 = \frac{Rv}{B} 1 - \frac{6e}{B}$$

$$\sigma_2 = \frac{60.81}{22.94} 1 - \frac{-72.32}{22.94}$$

$$\sigma_2 = 5.80 < 20 \text{ (Aman)}$$

KESIMPULAN

Dari hasil analisis, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Curah hujan rencana kala ulang 50 tahun pada DAS Bendung Plaosan adalah 108.68 mm.
2. Debit banjir kala ulang 50 tahun Metode Haspers adalah sebesar 186.06 m³/det.
3. Dari hasil analisis didapatkan bilangan Froude sebesar 4. Disimpulkan bahwa diperlukan kolam peredam energi USBR Type IV.
4. Kolam peredam energi direncanakan dengan dimensi:
 - Panjang kolam = 17m.
 - Lebar blok muka = 0.68 m.
 - Tinggi blok muka = 1.36 m
 - Jarak antar blok muka = 1.69 m.
 - Jumlah blok muka = 13 buah.
 - Tinggi ambang ujung = 0.85 m.
 - Tebal kolam olak = 1.45m.
5. Dari perhitungan nilai keamanan stabilitas bendung diketahui bahwa desain yang direkomendasikan memenuhi syarat dan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sosrodarsono and K. Takeda, Hidrologi Untuk Pengairan. Jakarta: Pradnya Paramitha, 1993.
- [2] B. Triatmodjo, Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [3] C. Soemarto, Hidrologi Teknik. Jakarta: Erlangga, 1995.
- [4] DITJEN SDA, KP-04 Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 1986.
- [5] DITJEN SDA, KP-02 Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 1986.