

REDESAIN BENDUNG KEDUNG JERUK KECAMATAN PRINGAPUS KABUPATEN SEMARANG

Paryanto¹⁾ dan Wibisono Handoko Putro²⁾

Totok Apriyanto³⁾ dan Ratih Pujiastuti⁴⁾

Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran

Email : bendotyran@gmail.com¹⁾, wibisono1132@gmail.com²⁾

apri.totok@gmail.com³⁾, ratih.adiyanto@gmail.com⁴⁾

ABSTRACT

Water is important element that can affect life in nature. To increase water resources, a long-term and short-term strategy is needed. Kelampok River has not been utilized optimally by the community. For this reason, it is necessary to build a weir to raise water level. The planning for the construction of the Kedung Jeruk Weir in Pringapus District, Semarang Regency aims to improve socio-economic environment in surrounding area. Redesign Kedung Jeruk Weir is based on secondary data. Analyzes in this study include hydrological analysis, planning dimensional and stability of weir. Hydrological analysis using Thiesen Polygon method and flood discharge using the Synthetic Unit Hydrograph (HSS) Gama 1 method. Water requirement for irrigation in Pringapus Village is $0.3091 \text{ m}^3/\text{s}$ and the 50th flood discharge is $206,01 \text{ m}^3/\text{s}$. Weir width is 36 m with 0.83 m high weir. The width of weir crest is 30.4 m, flushing is 3.6 m and pillar width is 2 m. Radius of weir with round threshold type is 0.8 m, and stilling basin type is USBR Type III with a length of 9 m. The value of stability during normal water conditions and flood water conditions is still above the safety value so that the weir building meets the requirements and is safe.

Keywords: Irrigation, Weir, Flood Discharge, Stability

ABSTRAK

Air yang merupakan elemen penting yang dapat mempengaruhi kehidupan di alam. Dalam upaya meningkatkan sumber daya air di daerah sekitar maka diperlukan strategi dalam jangka panjang ataupun jangka pendek. Sungai Kelampok saat ini belum di manfaatkan masyarakat secara optimal. Untuk itu perlu di bangun sebuah bangunan bendung yang berfungsi menaikkan muka air yaitu Bendung Kedung Jeruk. Perencanaan pembangunan Bendung Kedung Jeruk di Kecamatan Pringapus Kabupaten Semarang ini bertujuan untuk meningkatkan sosial ekonomi diarea sekitar. Redesain dilakukan berdasarkan pada data sekunder dengan data-data pendukung lainnya. Adapun analisa yang dilakukan antara lain analisa hidrologi, perencanaan dimensi tubuh, analisis stabilitas tubuh bendung, dan keamanan tubuh bendung. Dari hasil analisa hidrologi yang meliputi perhitungan curah hujan rencana dengan metode Poligon Thiesen dan debit banjir dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama 1, diperoleh kebutuhan air untuk irigasi Desa Pringapus adalah sebesar $0,3091 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan debit banjir 50th sebesar $206,01 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Lebar bendung 36 m dengan tinggi bendung 0,83 m. Lebar mercu bendung sebesar 30,4 m, lebar pembilasnya 3,6 m dan lebar pilar 2 m (2 Pilar masing-masing 1 m). Jari-jari mercu bendung tipe ambang bulat adalah 0,8 m, tipe kolam olak adalah USBR Tipe III dengan panjang 9 m. Nilai stabilitas pada saat kondis air normal maupun kondisi air banjir masih di atas nilai keamanan sehingga bangunan bendung tersebut memenuhi syarat dan aman.

Kata Kunci : Irigasi, Bendung, Debit Banjir, Stabilitas

PENDAHULUAN

Sungai Kelampok saat ini belum di manfaatkan masyarakat secara optimal. Untuk itu perlu di bangun sebuah bangunan bendung yang berfungsi menaikkan muka air yaitu Bendung Kedung Jeruk. Bendung ini dimaksudkan untuk menambah ketersediaan air untuk irigasi pertanian. Bendung merupakan bangunan air yang dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton, yang dibuat melintang di sebuah sungai yang berfungsi untuk menaikkan elevasi sungai, menampung air untuk di alirkan ke pertanian khususnya sawah sebagai keperluan irigasi. Dalam perencanaan pembangunan Bendung Kedung Jeruk di Kecamatan Pringapus Kabupaten Semarang ini adalah untuk meningkatkan sosial ekonomi diarea sekitar.

Adapun masalah yang akan dibahas pada studi ini adalah sebagai berikut.

1. Studi hanya dilakukan pada *catchment area* Sungai Kelampok
2. Perhitungan kebutuhan air irigasi dan sistem jaringan irigasi
3. Perhitungan debit banjir rencana dilakukan dengan metode hidrograf satuan sintetik (HSS) gamma 1.
4. Perencanaan tubuh bendung dan stabilitasnya

Maksud dan Tujuan

Maksud dari studi ini adalah untuk merencanakan bendung serta merencanakan sistem jaringan irigasi. Sedangkan tujuan studi ini adalah untuk menghasilkan rencana desain bendung serta mengoptimalkan fungsi jaringan irigasi agar dapat memberikan hasil yang maksimal.

LANDASAN TEORI

Umum

Bendung adalah suatu bangunan air dengan kelengkapan yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjun sehingga air bisa disadap dan dialirkan secara grafitasi ketempat yang membutuhkannya. Sedangkan bangunan air adalah setiap bangunan yang dibangun dibadan sungai untuk berbagai keperluan.

Klasifikasi bendung berdasarkan fungsinya, tipe strukturnya dan berdasarkan sifatnya adalah sebagai berikut:

1. Bendung berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi :
 - Bendung penyadap
 - Bendung pembagi banjir
 - Bendung penahan pasang
2. Bendung berdasarkan tipe strukturnya :
 - Bendung tetap
 - Bendung gerak

- Bendung kombinasi
 - Bendung kembang kempis (Karet)
3. Bendung berdasarkan dari segi sifatnya:
- Bendung permanen
 - Bendung semi permanen
 - Bendung darurat

Perencanaan Bendung

Penentuan Elevasi Mercu Bendung

Faktor pembatas dalam menentukan elevasi mercu bendung adalah:

- Elevasi muka air yang diperlukan
- Debit sungai yang disadap
- Geologi tanah pondasi

Penentuan elevasi mercu bendung ini sendiri dengan menjumlahkan faktor-faktor sebagai berikut:

- 1 Elevasi sawah tertinggi
- 2 Tinggi genangan disawah
- 3 Kehilangan tinggi tekan antara lain:
 - Dari saluran primer ke saluran sekunder
 - Dari sungai ke saluran primer
 - Karena kemiringan sungai
 - Karena alat-alat ukur
- 4 Persediaan tinggi tekan antar lain:
 - Untuk bangunan pengairan yang lain
 - Untuk eksploitasi

Penentuan Lebar Bendung

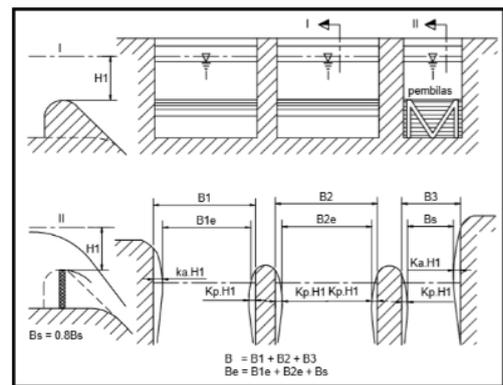
Lebar bendung (B) adalah jarak antara pangkal-pangkal bendung atau sebaiknya sama dengan lebar rata-rata sungai pada

bagian yang stabil.

Lebar efektif bendung (B_e) dihubungkan dengan lebar mercu yang ditulis dengan persamaan sebenarnya (B) dapat dilihat sebagai berikut [1]:

$$B_e = B - 2 (nK_p + K_a) H_1$$

$$B_e = L - b - \Sigma t$$



Gambar 1. Sketsa Penentuan Lebar Efektif Bendung

Pada bendung terdapat bangunan penguras yang berfungsi untuk mengurangi sedimentasi yang masuk. Bangunan penguras ini biasanya diletakkan tegak lurus As bendung, agar air dapat mengalir lewat bangunan

Analisa Hidrolika

Bangunan Pengambilan (intake)

Bangunan pengambilan ini antara lain terdiri dari lantai/ ambang dasar, pintu, dinding banjir, pilar penempatan pintu, saringan sampah, jembatan pelayan, rumah pintu, dan perlengkapan lainnya. Bangunna ini merupakan satu kesatuan dengan

bangunan pembilas dan tembok pangkal, biasanya diletakkan dengan sudut pengambilan arah tegak lurus (90) atau menyudut (45-60) terhadap sumbu bangunan bilas. Diupayakan berada ditikungan luar aliran sungai, sehingga dapat mengurangi sedimen yang akan masuk keintake. Ditinjau dari segi hidraulik penempatan intake yang tegak lurus terhadap sumbu bangunan pembilas lebih baik dibanding dengan intake yang arah sumbunya menyudut. (Erman M, 2002) [2]

Bangunan Pelimpah

Secara umum tipe pelimpah yang dapat diterapkan pada bendung adalah

- 1 Pelimpah tipe saluran terbuka
- 2 Pelimpah tipe Ogee (*overflow*) dengan peredam energi USBR tipe III.

Tinggi air di hulu mercu dihitung dengan rumus [3]:

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} \cdot B_{eff} \cdot H_1^{1,5} \quad (2.30)$$

Dimana:

Q = Debit banjir kala ulang 100 th, m³/dt

C_d = koefisien debit (C_d = C₀C₁C₂)

g = percepatan gravitasi, m/dt² (≈ 9,8)

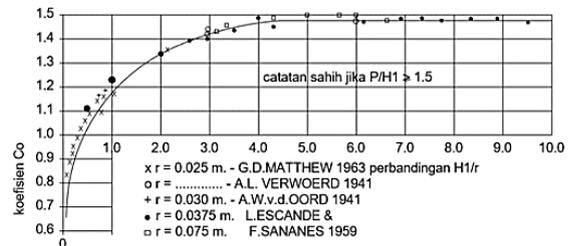
B_{eff} = Lebar efektif mercu

H₁ = Tinggi energi diatas mercu

Koefisien debit C_d adalah hasil dari :

- C₀ yang merupakan fungsi H₁/r (lihat Gambar Harga-harga koefisien C₀)

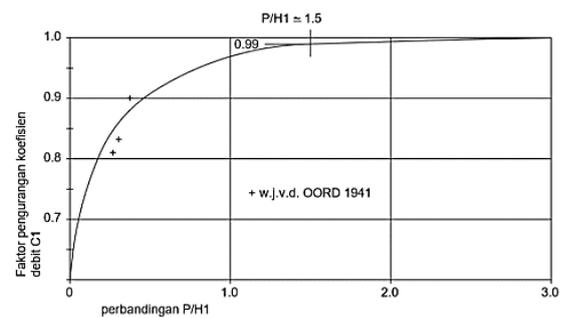
- C₁ yang merupakan fungsi p/H₁ (lihat Gambar Koefisien C₁)
- C₂ yang merupakan fungsi p/H₁ dan kemiringan muka hulu bendung



Gambar 2. Harga-harga koefisien C₀ untuk Bendung Ambang Bulat Sebagai Fungsi Perbandingan H₁/r

➤ Dalam hal tahap perencanaan p dapat diambil setengah jarak dari mercu sampai dasar rata-rata sungai sebelum bendung tersebut dibuat.

➤ Untuk harga-harga p/H₁ yang kurang dari 1,5 maka Gambar 3 dapat dipakai untuk menemukan faktor pengurangan C₁



Gambar 3. Koefisien C₁ Sebagai Fungsi Perbandingan p/H₁

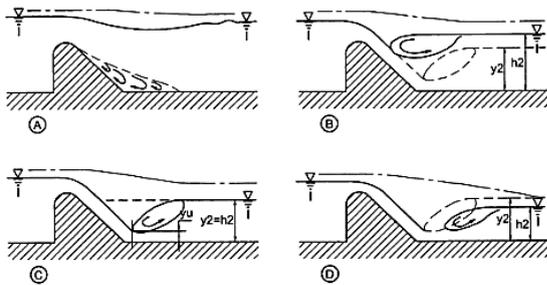
Kecepatan aliran dihitung dengan rumus manning [4];

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Dimana :

- V = kecepatan aliran m/dt
- n = angka kekasaran manning
- R = Jari-jari hidrolis
- I = kemiringan dasar sungai

Peredam Energi (Kolam Olak)



Gambar 4. Peredam Energi

Kasus A menunjukkan aliran tenggelam yang menimbulkan sedikit saja gangguan di permukaan berupa timbulnya gelombang. Kasus B menunjukkan loncatan tenggelam yang lebih diakibatkan oleh kedalaman air hilir yang lebih besar, daripada oleh kedalaman konjugasi. Kasus C adalah keadaan loncat air dimana kedalaman air hilir sama dengan kedalaman konjugasi loncat air tersebut. Kasus D tejadi apabila kedalaman air hilir kurang dari kedalaman konjugasi, dalam hal ini loncatan akan bergerak ke hilir.

Semua tahap ini bisa terjadi di bagian hilir bendung yang di bangun di sungai. Kasus D adalah keadaan yang tidak boleh terjadi, karena loncatan air akan menghempas bagian sungai yang tak terlindungi dan umumnya menyebabkan penggerusan luas.

Kolam Loncat Air

Error! Reference source not found. m emberikan penjelasan mengenai metode perencanaan. Dari grafik q versus H₁ dan tinggi jatuh z, kecepatan (v₁) awal loncatan dapat ditemukan dari [1]:

$$v_1 = \sqrt{2g(1 / 2H_1 + z)} \tag{2.32}$$

dimana :

- v₁ = kecepatan awal loncatan, m/dt
- g = percepatan grafitasi, m/dt² (≈9,8)
- H₁ = tinggi energi di atas ambang, m
- z = tinggi jatuh, m

dengan q = v₁y₁, dan rumus untuk kedalaman konjugasi dalam loncat air adalah:

$$\frac{y_2}{y_u} = 1 / 2(\sqrt{1 + 8F_r^2} - 1)$$

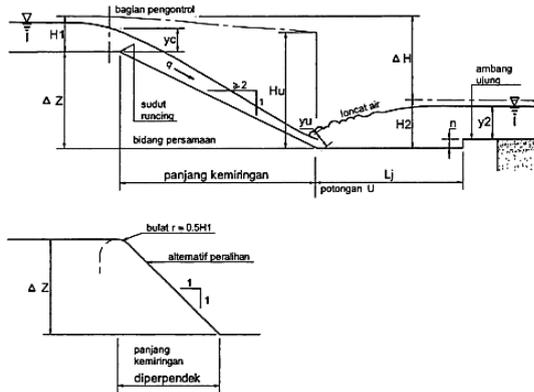
dimana: $F_r = \frac{v_1}{\sqrt{gy_u}}$

- y₂ = kedalaman air di atas ambang ujung, m
- y_u = kedalaman air di awal loncatan air, m
- Fr = bilangan Froude
- v₁ = kecepatan awal loncatan, m/dt
- g = percepatan gravitasi, m/dt² (≈9,8)

Kedalaman konjugasi untuk setiap q dapat ditemukan dan diplot. Untuk menjaga agar loncatan tetap dekat dengan muka miring bendung dan di atas lantai, maka lantai harus diturunkan hingga kedalaman air hilir sekurang-kurangnya sama dengan kedalaman konjugasi.

Untuk aliran tenggelam, yakni jika muka air hilir lebih tinggi dari $2/3 H_1$ di atas mercu, tidak diperlukan peredam energi.

Panjang Kolam



Gambar 6. Parameter-Parameter Loncat Air

Panjang kolam loncat air dibelakang Potongan U (Gambar Parameter-Parameter Loncat Air) biasanya kurang dari panjang bebas loncatan tersebut adanya ambang ujung (*endsill*). Ambang yang berfungsi untuk memantapkan aliran ini umumnya ditempatkan pada jarak:

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

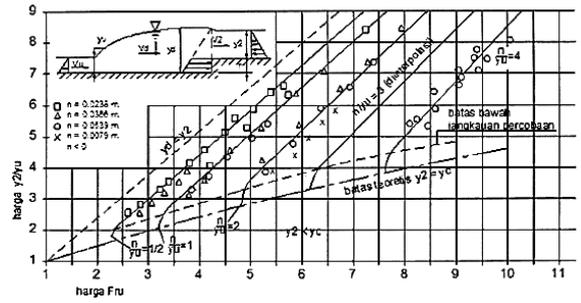
Dimana:

L_j = panjang kolam, m

n = tinggi ambang ujung, m

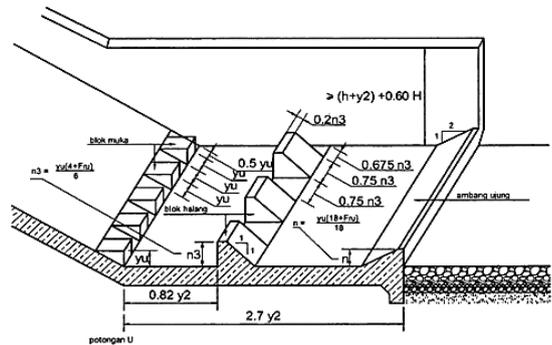
y_2 = kedalaman air di atas ambang, m

di belakang Potongan U. Tinggi yang diperlukan ambang ujung ini sebagai fungsi bilangan Froude (Fr), kedalaman air yang masuk Y_u , dan tinggi muka air hilir, dapat ditentukan dari Gambar Hubungan Percobaan Antara Fru



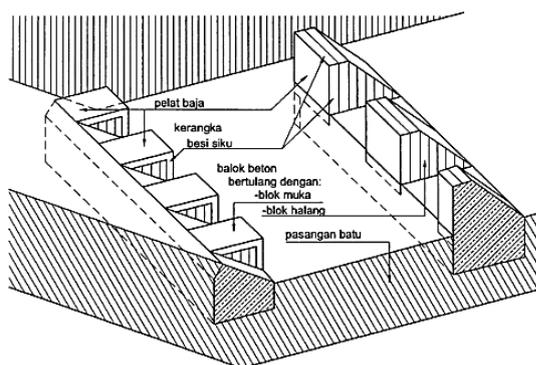
Gambar 7. Hubungan Percobaan Antara Fru, y_2/y_u untuk Ambang Ujung Pendek (Menurut Forster dan Skrinde, 1950)

Panjang kolam olak dapat sangat diperpendek dengan menggunakan blok-blok halang dan blok-blok muka. Gambar menyajikan dimensi kolam olak USBR tipe III yang dapat dipakai jika bilangan Froude tidak lebih dari 4,5.



Gambar 8. Karakteristik Kolam Olak untuk Dipakai dengan Bilangan Froude di atas 4,5 Kolam USBR Tipe III (Bradley dan Peterka, 1957)

Jika kolam itu dibuat dari pasangan batu, blok halang dan blok muka dapat dibuat seperti ditunjukkan pada Gambar



Gambar 9. Blok-Blok Halang dan Blok-Blok Muka

Tipe Kolam

Terlepas dari kondisi hidrolis, yang dapat dijelaskan dengan bilangan Froude dan kedalaman air hilir, kondisi dasar sungai dan tipe sedimen yang diangkut memainkan peranan penting dalam pemilihan tipe kolam olak:

- a. Bendung di sungai yang mengangkut bongkah atau batu-batu besar dengan dasar yang relatif tahan gerusan, biasanya cocok dengan kolam olak tipe bak tenggelam sub merged bucket
- b. Bendung di sungai yang mengangkut batu-batu besar, tetapi sungai itu mengandung bahan aluvial, dengan dasar tahan gerusan, akan menggunakan kolam loncat air tanpa blok -blok halang atau tipe bak tenggelam/peredam energi.
- c. Bendung sungai yang hanya mengangkut bahan-bahan sedimen halus dapat direncanakan dengan kolam loncat

air yang diperpendek dengan menggunakan blok -blok halang.

Untuk tipe kolam olak yang terakhir, daya gerus sedimen yang terangkut harus dipertimbangkan dengan mengingat bahan yang harus dipakai untuk membuat blok.

Tipe peredam energi yang akan direncanakan disebelah hilir bangunan tergantung pada energi yang akan masuk, yang dinyatakan dengan bilangan Froude (Fr) dan pada bahan konstruksi peredam energi. Berdasarkan bilangan Froude, dapat dibuat pengelompokan-pengelompokan dalam perencanaan peredam energi sebagai berikut : (*Standar Perencanaan Irigasi KP-04.2013*) [3]

- 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 perlindungan khusus
- b. Bila $1,7 < Fr \leq 2,5$ maka kolam olak diperlukan untuk meredam energi secara efektif. Pada umumnya kolam olak dengan ambang ujung mampu bekerja dengan baik
- c. Jika $2,5 < Fr \leq 4,5$ 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. Kalau $Fru \geq 4,5$ 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 haling

METODOLOGI

Pada Penelitian di Bendung Kedung Jeruk Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang ini pelaksanaan dimulai dengan:

1. pengumpulan data,
Adapun pada studi ini diperlukan data curah hujan harian, luas petak irigasi, rencana pola tanam serta data pengukuran topografi lapangan.
2. Analisa hidrologi
Analisa hidrologi meliputi perhitungan debit banjir dan kebutuhan air.
3. Perencanaan dimensi tubuh, analisis stabilitas tubuh bendung, keamanan dimensi tubuh.

ANALISA DAN PERHITUNGAN

Perhitungan Bendung

Dalam menghitung perencanaan bendung, hal utama yang harus diketahui adalah elevasi muka air rencana diatas bendung. Perhitungan MAR diatas mercu dapat dihitung sebagai berikut:

1. Muka air rencana di hulu pintu primer
 - Ketinggian air di Hulu Saluran Primer 313,03 m
 - muka air rencana di hulu pintu primer = 313,33 m
2. Penampang sungai pada lokasi bendung
 - Lebar Sungai Pada As Bendung (B) = 36 m
 - Luas Penampang (A) = 42,00 m²
 - Keliling Penampang (P) = 73,12 m (K) = 45
 - Kemiringan Dasar Sungai (I) = 0,01749
 - Jari-Jari Hidrolik (R) 0,5744
 - Koefisien Manning (n) = 0,045
 - Elevasi Tanah Dasar = 312,5 m
3. Debit banjir rencana 50 th = 206,01 m³/det

Tabel 4. 1 Rencana Bendung

Komponen	Lebar (b)	Jumlah (n)	b x n
Lebar Kotor Bendung	36	1	36
Pembilas	3,6	1	3,6
Pilar	1	2	2

Tinggi Rencana Bendung

= 1,76 m

Tinggi bendung diperoleh dari elevasi muka air rencana dikurangi elevasi tanah dasar pada rencana lokasi bendung.

Tinggi bendung = 313,33 – 312,5
= 0,83 m

Perhitungan lebar efektif bendung :

$B_{eff} = B \text{ Mercu} - 2 (n K_p + K_a) H_1$
= 30,4 – 0,2 H1

Dimana $K_p = 0,01$, $K_a = 0,1$

Dengan Menggunakan Rumus Debit

Seperti dibawah Ini:

$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} b_{eff} H^{\frac{1.5}{1}}$

Q = Debit banjir kala ulang 100th,
m³/dt

C_d = Koefisien debit ($C_d = C_0 C_1 C_2$)

B_{eff} = Lebar efektif mercu, m

H1 = Tinggi energy di atas mercu, m.

H1 = 2,23 m

Tinggi muka air banjir dihilir : 1,30 m

Kolam Loncat Air

1. Perencanaan kolam loncat air

- Elevasi hulu = H1 + Elv. Muka air di
pintu primer

= 2,23 + 313,33 = 315,56

- Elevasi hilir = h + Elv Tanah Dasar

= 1,3 + 312,5

= 313,80

- z = Elv. Hulu – Elv. Hilir

= 315,56 – 313,80

Nilai y_u

$q =$ Debit Per Satuan Luas

$q =$ Q Rencana / B_{eff}

$q =$ 6,8981

$y_u =$ q / v^1

$y_u =$ 0,919

Bilangan Froud

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

$Fr =$ 2,502 < 4,5
(Kolam USBR Tipe III)

Kedalaman Air Diatas Ambang Ujung

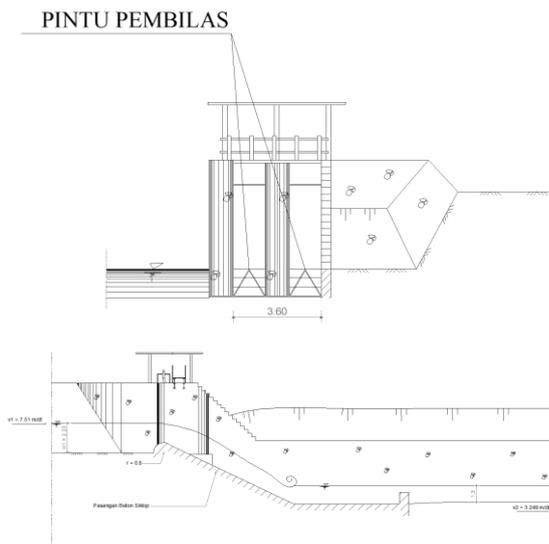
$y_2 =$ 3,2498

n = Tinggi ambang ujung, m

$n = \frac{y_u(18+Fr)}{18} =$ 1,04624

$n^3 = \frac{y_u(4+Fr)}{6} =$ 0,99537

Panjang kolam olak = 2,72 $y_2 =$ 9m



Gambar 10. Rencana Bendung

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa didapat dimensi bendung sebagai berikut:

- a. Lebar total bendung adalah 36m
- b. Lebar efektif bendung adalah 35,66m
- c. Tinggi bendung adalah 0,83 m
- d. Lebar mercu bendung adalah sebesar

30,4 m, lebar pembilasnya 3,6 m dan lebar pilar 2 m (2 Pilar masing-masing 1 m)

e. Jari-jari mercu bendung tipe ambang bulat adalah 0,8 m

f. Tipe kolam olak adalah USBR Tipe III dengan panjang 9 m

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum. 2013. *Kriteria Perencanaan bagian Bangunan Utama*. KP – 02.
- [2] Mawardi Erman, Drs. 2002. *Desain Hidroulik Bendung Tetap*. Alfabeta.Bandung.
- [3] Depar. Pekerjaan umum. 2013. *Kriteria Perencanaan bagian Bangunan*. KP – 04.
- [4] Bambang Triatmodjo. 1993. *Hidraulika II*. Beta Offset.