

**Kajian Model Fisik Perbandingan Perilaku Aliran pada Bendung  
dengan Kolam Olak tipe USBR II, III, IV**  
*Study of Physical Model Comparison of Flow Behavior in Weirs  
USBR II, III, IV*

**Dannyk Nur Agustin<sup>1</sup>Noor Salim<sup>2</sup>Nanang Saiful Rizal**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [dannyknur@gmail.com](mailto:dannyknur@gmail.com)

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [noorsalim@unmuhjember.ac.id](mailto:noorsalim@unmuhjember.ac.id)

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email : [nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id](mailto:nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id)

**Abstrak**

Cara kerja pemecah energi air pada bangunan air yaitu dengan cara membuat gesekan air dengan lantai serta dinding struktur, membentuk pusaran air dan menghasilkan benturan aliran ke struktur serta menciptakan loncatan air di dalam ruang olakan. Ada beberapa model kolam olak atau peredam energi, salah satunya yaitu kolam olak tipe USBR. Untuk menguji perilaku Hidrolika ini perlu dilakukan uji model fisik di Laboratorium Hidraulika. Besar debit ( $Q$ ) yang digunakan 0,004 m<sup>3</sup>/detik, 0,003 m<sup>3</sup>/detik, 0,002 m<sup>3</sup>/detik, 0,001 m<sup>3</sup>/detik, 0,0006 m<sup>3</sup>/detik. Pengaruh  $V$  (kecepatan aliran) sangat dipengaruhi oleh reaksi terjadinya loncatan hidrolis, dimana untuk hasilnya  $V_0$  relatif sama dikarenakan menggunakan tipe mercu ogee, hasil  $V_1$  memiliki nilai tidak jauh berbeda disebabkan kemiringan yang sama yang membuat berbeda yaitu dari blok-blok penghalang, dan untuk hasil  $V_2$  yang memiliki nilai tinggi adalah USBR III nilai 1,789 m /detik dengan debit ( $Q$ ) 0,004 m<sup>3</sup>/detik. Nilai rerata kedalaman air di awal loncat air ( $Y_1$ ) yang memiliki nilai yang besar yaitu USBR tipe III = 0,0212 m dan nilai kedalaman di ambang ujung ( $Y_2$ ) yaitu tipe III = 0,0654 m. Disimpulkan kolam olak tipe USBR III memiliki rerata kedalaman loncatan dan mampu menimbulkan olakan (turbulensi).

**Kata Kunci** : Model, Fisik, Kolam, Olak, USBR.

**Abstract**

*How solvers work Water energy in water structures is by creating water friction with the floor and walls of the structure, forming a whirlpool and producing a flow collision to the structure, and creating a water jump in the tidal chamber. There are several models of stilling pools or energy absorbers, one of which is the USBR type stilling pool. To test this hydraulic behavior, it is necessary to test a physical model in the Hydraulics Laboratory. The amount of discharge ( $Q$ ) used is 0.004 m<sup>3</sup>/second, 0.003 m<sup>3</sup>/second, 0.002 m<sup>3</sup>/second, 0.001 m<sup>3</sup>/second, 0.0006 m<sup>3</sup>/second. The effect of  $V$  (flow velocity) is strongly influenced by the reaction to the occurrence of a hydraulic jump, where for the results  $V_0$  is relatively the same due to using the ogee light type, the  $V_1$  has a value that is not much different due to the same slope that makes the difference, namely from the block blocks, and for the  $V_2$  result which has a high value is USBR III with a value of 1.789 m / sec with a discharge ( $Q$ ) of 0.004 m<sup>3</sup>/ sec. The average value of the water depth at the beginning of the water jump ( $Y_1$ ) which has a large value is USBR type III = 0.0212 m and the depth value at the end threshold ( $Y_2$ ) is type III = 0.0654 m. It was concluded that the USBR III stilling pool has an average jump depth and is capable of causing turbulence.*

*Keywords: Model, Physical, Swimming, Olak, USBR.*

## 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Loncatan hidrolis diakibatkan oleh pengaruh variasi debit yang mempengaruhi tinggi serta panjang loncatan hidrolis. Masalah ini sering berlangsung pada salah satu bagian hilir disebuah bangunan hidrolis sebagai dampak dari terjadi pada kecepatan air, loncatan air yang terlalu tajam, serta turbulensi yang melebihi daya tahan dari material dasar. Untuk menghindari rusaknya bangunan hidrolis, dibutuhkan kolam olak atau peredam energi.

Pada dasarnya pemecah energi air pada bangunan peredam energi yaitu dengan metode menciptakan gesekan air dengan lantai serta dinding struktur, gesekan air dengan air, membuat pusaran air berbalik vertikal arah ke atas dan ke bawah dan pusaran arah horizontal serta membuat benturan aliran ke struktur dan membuat loncatan air di dalam ruang olakkan. Ada beberapa model kolam olak atau peredam energi yang dapat digunakan dalam menanganinya bahaya pegerusan, salah satunya yaitu kolam olak tipe USBR. Uji model fisik ini akan dilakukan di Laboratorium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember.

### B. Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kolak olak tipe USBR II, III dan IV terhadap kecepatan aliran?
2. Bagaimana pengaruh kolak olak terhadap tinggi loncat air?
3. Bagaimana mengetahui karakteristik aliran pada hilir bendung dengan tipe kolam olak USBR?

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Geometri Saluran

Penampang saluran biasanya sangat tidak beraturan, umumnya beraneka ragam dari ukuran seperti trapezium sampai parabola. Penampang vertikal melalui titik terbawah atau terendah dari penampang disebut penampang vertikal saluran ( *vertical channel section* ) sedangkan tegak lurus terhadap arah aliran

adalah istilah dari penampang saluran ( *channel section* ). Oleh karena itu pada saluran mendatar penampangnya selalu merupakan penampang vertikal.

Rumus – rumus menghitung penampang saluran sebagai berikut:

$$\text{Luas penampang ( A )} = b \cdot h$$

$$\text{Keliling basah ( P )} = b + 2h$$

$$\text{Jari-jari Hidrolik ( R )} = bh / b + 2h$$

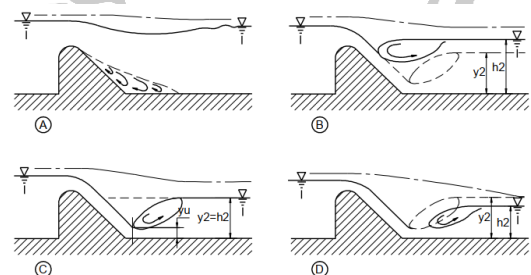
dengan:

b = Lebar dasar saluran ( m )

h = Tinggi muka air ( m )

### B. Peredam Energi

Perilaku aliran sungai dengan menggunakan pembendungan memperlihatkan beragam perilaku aliran pada awal loncatan bendung dikarenakan ketinggian air yang ada  $h_2$ . Gambar 1 memperlihatkan yang sedang terjadi dari perilaku aliran di atas bendung. Kasus A memperlihatkan aliran tenggelam yang menyebabkan sedikit saja gangguan di permukaan berupa munculnya ombak. Kasus B memperlihatkan loncatan tenggelam yang lebih ditimbulkan oleh ketinggian air hilir yang lebih tinggi, daripada ketinggian konjugasi. Kasus C merupakan peristiwa loncat air dengan ketinggian air hilir sama dengan ketinggian konjugasi loncat air tersebut. Kasus D terjadi apabila ketinggian air hilir kurang dari ketinggian konjugasi, dalam hal ini loncatan akan bergerak ke hilir. ( *Standart Perencanaan irigasi KP – 02, 1986* )



Gambar 1. Peredam energi

Sumber : *Standart Perencanaan irigasi KP – 02, 1986*

seluruh tahapan dapat terjadi di bagian hilir bendung yang di bangun di sungai. Kasus D merupakan peristiwa yang tidak dianjurkan terjadi, disebabkan loncatan air akan

menghempas bagian sungai yang tidak dilindungi serta biasanya mengakibatkan penggerusan luas (*Standart Perencanaan irigasi KP – 02, 1986*).

### C. Kolam Loncat Air

Cara mendapatkan debit yang akan diberikan dalam suasana untuk peredaman energi, keseluruhan debit wajib diperiksa dengan muka air hilirnya. Gambar 2 menyampaikan kejelasan mengenai metode perencanaan kolam loncat air, dari grafik  $H_1$  versus  $q$  serta tinggi jatuh ( $z$ ), kecepatan awal loncatan ( $V_1$ ) dapat ditemukan dari:

$$V_1 = \sqrt{2g \left( \frac{1}{2} H_1 + Z \right)}$$

dengan:

- $V_1$  = Kecepatan awal loncatan ( m/detik)
- $g$  = Percepatan gravitasi ( m/detik<sup>2</sup>)
- $H_1$  = Tinggi energi di atas ambang (m)
- $Z$  = Tinggi jatuh (m)

dengan  $q = V_1 \cdot Y_1$ , rumus untuk kedalaman konjugasi dalam loncat air adalah:

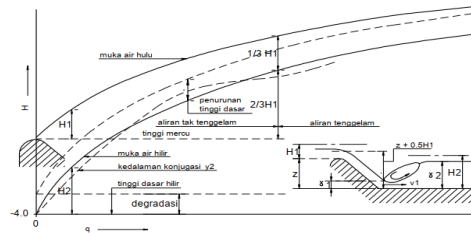
$$\frac{Y_2}{Y_u} = 0,5 (\sqrt{1 + 8F_r^2} - 1)$$

$$F_r = \frac{V_1}{\sqrt{g Y_u}}$$

dengan :

- $Y_2$  = Tinggi air di atas ambang ujung (m)
- $Y_u$  = Kedalaman air di awal loncat air (m)
- $Fr$  = Bilangan *froude*
- $V_1$  = Kecepatan awal loncatan (m/detik)
- $g$  = Percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

Ketinggian konjugasi di setiap  $q$  dapat ditentukan serta diplot, untuk mengontrol supaya loncatan tetap dekat dengan muka miring bendung dan di atas lantai, maka lantai harus diturunkan hingga ketinggian air hilir sekurang-kurangnya sama dengan ketinggian konjugasi untuk aliran tenggelam, yaitu bila muka air hilir lebih tinggi dari  $2/3 H_1$  di atas mercu, tidak dibutuhkan peredam energi.



Gambar 2. Metode Perencanaan Kolam Loncat  
 Sumber : Standart Perencanaan irigasi KP – 02, 1986

Untuk mengetahui aspek lain yang sehubungan dengan kedalaman air banjir di atas bendung, maka dilakukan perhitungan seperti berikut ini:

- a. Debit persatuan lebar ( $q$ )

$$q = Q/Be$$

dengan:

- $q$  = Debit persatuan lebar (m<sup>3</sup>/detik.m')
- $Q$  = Debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/detik)
- $Be$  = Lebar efektif bendung (m)

- b. Kecepatan aliran di hulu bendung ( $V$ )

$$V = \frac{q}{(p + H_1)}$$

dengan:

- $V$  = Kecepatan aliran (m/detik)
- $q$  = Debit persatuan lebar (m<sup>3</sup>/detik.m')
- $P$  = Tinggi mercu (m)
- $H_1$  = Tinggi energi di atas mercu (m)

- c. Kecepatan air di hulu bendung ( $V$ )

$$H_a = v^2/2g$$

dengan:

- $H_a$  = Tinggi kecepatan energi (m)
- $V$  = Kecepatan aliran ( m/detik )
- $g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/detik<sup>2</sup>)

- d. Kecepatan air di hulu bendung ( $V$ )

$$H_d = H_1 - H_a$$

dengan:

- $H_d$  = Tinggi muka air di hulu bendung (m)
- $H_1$  = Tinggi energi di atas mercu (m)
- $H_a$  = tinggi kecepatan energi (m)

- e. Kedalaman air kritis ( $H_c$ )

$$H_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

dengan:

- $H_c$  = Tinggi air kritis ( m )
- $q$  = Debit persatuan lebar (  $m^3/detik.m^2$  )
- $g$  = Percepatan gravitasi (  $9,81 m/detik^2$  )

f. Kedalaman air kritis ( $H_c$ )

$$Y_1 = \frac{q}{V_1}$$

dengan:

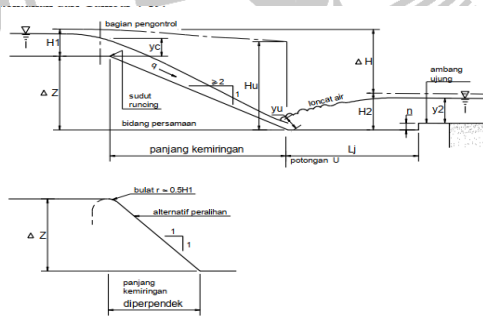
- $Y_1$  = Tinggi awal loncat ( m )
- $q$  = Debit persatuan lebar (  $m^3/detik.m^2$  )
- $V$  = Kecepatan awal loncatan ( m/detik )

Panjang kolam loncat air di belakang pada gambar 3 ditampilkan potongan U pada panjang kolam loncat air di belakang, umumnya kurang dari panjang bebas loncatan tersebut adanya ambang ujung (endsill). Ambang yang bertujuan untuk menstabilkan aliran ini biasanya ditempatkan pada jarak

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

Dengan:

- $L_j$  = panjang kolam ( m )
- $n$  = tinggi ambang ujung ( m )
- $Y_2$  = kedalaman air di atas ambang ( m )

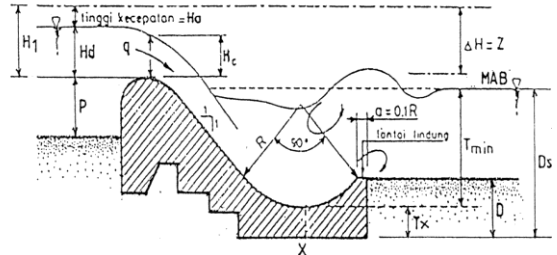


Gambar 3. Parameter Loncat Air  
Sumber : *Standart Perencanaan irigasi KP – 02, 1986*

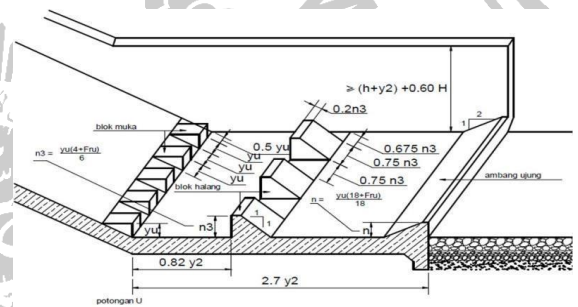
#### D. Ruang Olakan

Menurut United States Bureau Of Reclamation (USBR) terdapat beberapa desain kolam olak, yaitu tipe USBR-IV dengan angka Froude antara 2,5 – 4,5, USBR-III dengan angka Froude > 4,5, USBR-II dengan angka Froude > 3 dan USBR-I dengan angka froude

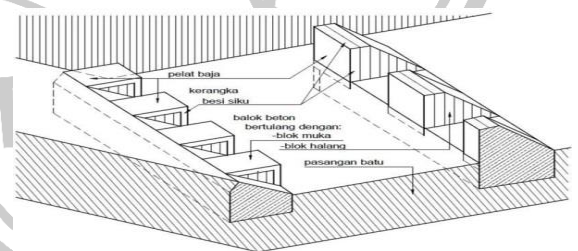
< 2,5 (Mays,1999). Bendung yang hanya membawa material sedimen halus bisa mempersiapkan dengan kolam olak loncat air yang diperpendek dengan memakai blok-blok penghalang yang disebut tipe USBR. Dapat disajikan pada gambar 6.



Gambar 6 Peredam energi bak tenggelam  
Sumber : *Standart Perencanaan irigasi KP – 02, 1986*



Gambar 5. Peredam energi tipe USBR III  
Sumber : *Standart Perencanaan irigasi KP – 02, 1986*



Gambar 6. Blok-blok halang dan blok-blok muka  
Sumber : *Standart Perencanaan irigasi KP – 02, 1986*



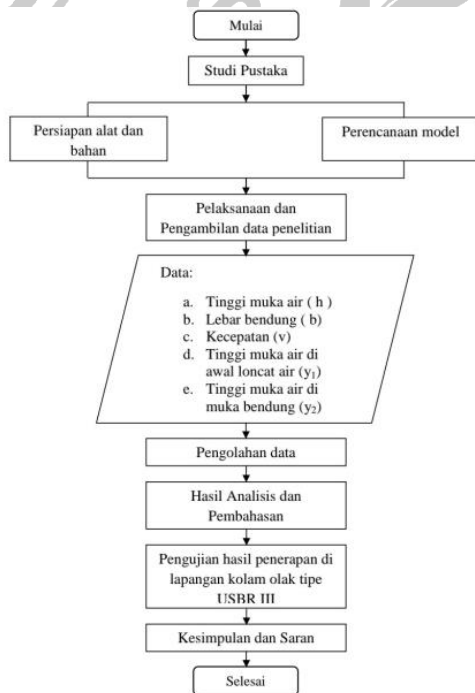
### 3. METODOLOGI

#### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen. Maksud dari penelitian kuantitatif yaitu penelitian menggunakan data berupa angka-angka dan analisis dengan statistik yaitu. Kemudian untuk metode eksperimen yaitu digunakan untuk mencari pengaruh antara perbedaan antara kolam olak tipe USBR II, III, IV dan debit aliran terhadap tinggi loncat air serta karakteristik aliran.

#### B. Kerangka Konsep Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, dan tujuan penelitian yang telah dijelaskan, maka dapat ditentukan kerangka konsep penelitian disajikan pada gambar 7:

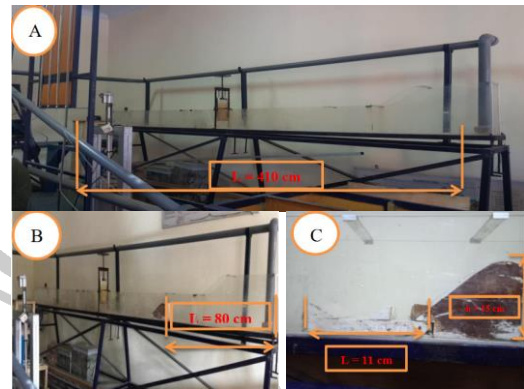


Gambar 7. Kerangka Penelitian

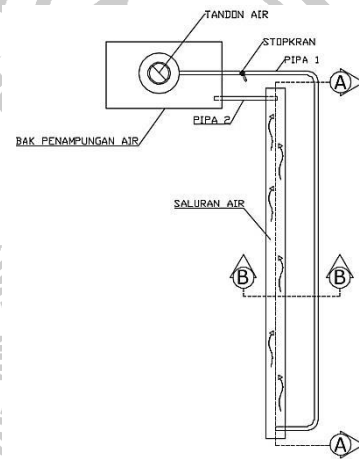
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisa Model Uji Penelitian

Dimensi mercu  
 Lebar saluran ( B ) : 0,15 m  
 Elevasi pelimpah ( p ) : 0,15 m  
 Debit rencana ( Q ) : 0,004 m<sup>3</sup>/detik



Gambar 7. model fisik dan detail saluran  
 sumber: Dokumentasi pribadi



Gambar 8. Denah model fisik  
 Sumber : Gambar mercu autocad 2007

#### B. Perhitungan mercu

Perhitungan mercu menggunakan mercu tipe *ogee*, karena mengantisipasi terjadinya tekanan sub atmosfer pada permukaan mercu saat bendung mengalirkan air pada debit rencana serta untuk debit yang lebih rendah, air akan menerima tekanan ke bawah pada mercu. Data-datanya sebagai berikut:

Lebar Bendung (B) : 0,15 m  
 Lebar mercu (Bm) : B – (Bp total + Tp total)  
 : 0,15 m – (0+0)  
 : 0,15 m  
 Lebar Efektif Bendung (Be) : Bm – (2(n.kp+ka) H<sub>1</sub>)  
 : 0,15 – (2(0) H<sub>1</sub>)  
 : 0,15 – 0H<sub>1</sub>  
 Elevasi Mercu Bendung (P) : 0,15 m

Debit air (Q) : 0,002 m<sup>3</sup>/detik  
 Percepatan Gravitasi : 9,81 m/detik<sup>2</sup>

Perhitungan tinggi air diatas mercu dilakukan dengan cara asumsi memasukan nilai H<sub>1</sub> dan Cd. Sampai didapat nilai Cd hitung serta debit rencana dengan debit hitung Dicoba:

H<sub>1</sub> = 0,055 m

Cd = 1,29 m

$Q = Cd \times 2/3 \times (2/3 \times g)^{1/2} \times Be \times H_1^{2/3}$

$0,002 = 1,29 \times 0,66 \times (0,66 \times 9,81^{0,5}) \times 0,15 \times (0,055^{0,66})$

0,002 = 0,004 m<sup>3</sup>/detik

Faktor lain yang mempengaruhi tinggi energy diatas mercu (H<sub>1</sub>) yaitu:

Debit Persatuan Lebar (q)

$q = Q / Be$   
 $= 0,0023/0,15$   
 $= 0,015 \text{ m}^3/\text{detik}$

Kecepatan air di hulu Bendung (V)

$V = q / (P + H_1)$   
 $= 0,015/(0,15+0,055)$   
 $= 0,075 \text{ m/detik}$

Tinggi Kecepatan Energi (Ha)

$Ha = V^2 / 2g$   
 $= 0,1082/(2 \times 9,81)$   
 $= 0,0003 \text{ m}$

Tinggi muka air di atas bendung

$Hd = H_1 - Ha$   
 $= 0,055 - 0,000286$   
 $= 0,055 \text{ m}$

Kedalaman air kritis (Hc)

$Hc = (q / g)^{2/3}$   
 $= (0,025/9,81)^{0,66}$   
 $= 0,020 \text{ m}$

H<sub>1</sub> / Hd = 1,005

P / Hd = 2,742

P / H<sub>1</sub> = 2,727

Konstanta (C<sub>0</sub>) = 1,3

(Grafik C<sub>1</sub>) = 0,999

(Grafik C<sub>2</sub>) = 0,992

Dari nilai di atas di dapat:

Cd (Coba) = Cd (Hitung)

1,29 = C<sub>0</sub> x C<sub>1</sub> x C<sub>2</sub>

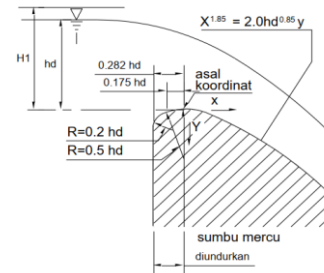
1,29 = (1,3 x 0,999 x 0,992)

1,29 = 1,29

Karena nilai Cd coba sama dengan Cd hitung, maka nilai Cd dapat diterima.

**C. Perhitungan Jari – jari mercu**

Perencanaan Mercu Tipe Ogee No.1 dengan kemiringan permukaan hulu bendung vertikal. Oleh sebab itu mercu ini mustahil menimbulkan diwaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Dengan nilai K = 2 dan n = 1,850. Perhitungan dimensi jari-jari mercu bendung dihitung dengan persamaan berikut:



Gambar 9. Perencanaan Mercu Ogee dengan permukaan vertikal  
 Sumber : Gambar mercu autocad 2007

R1 = 0.5 x Hd  
 $= 0,027 \text{ m}$

Jarak R1 = 0.175 x Hd  
 $= 0,096 \text{ m}$

R2 = 0.2 x Hd  
 $= 0,011 \text{ m}$

Jarak R2 = 0.282 x Hd  
 $= 0,015 \text{ m}$

X<sub>1,85</sub> = 2.0 x Hd<sup>0.85</sup> x Y

$$Y = 2 \times 0,085 \times Y$$

$$= 0,169 \times Y$$

$$Y = 5,910 \times X^{1,85}$$

Misal :

$$Y' = 5,910 \times 1,85 \times X^{0,85}$$

$$Y' = 10,933 \times X^{0,85}$$

Titik awal melalui gradien

Misal :

$$Y' = 1$$

$$1 = 10,9334 \times X^{0,85}$$

$$X^{0,85} = 0,092$$

$$X = 0,060$$

$$Y' = 5,910 \times 0,060^{1,85}$$

$$= 0,032$$

Jadi koordinat titik potong mercu 0,060 : 0,0324

$$= 0,768 \text{ m/detik}$$

Tinggi air pada titik V (Yu)

$$Q = A \times V$$

$$= b \times h \times V$$

$$h(Yu) = Q / (b \times V_1)$$

$$= 0,002 / (0,15 \times 0,7678)$$

$$= 0,020 \text{ m}$$

Kedalaman Konjugasi Loncat Air (Y2)

$$Y_2/Y_U = 1/2 \sqrt{(1 + (8Fr^2))} - 1$$

$$Fr = V_1 / \sqrt{(g \cdot Y_u)}$$

$$= 0,768 / \sqrt{(9,81 \times 0,0199)}$$

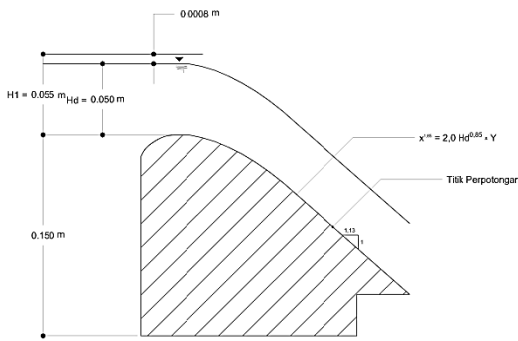
$$= 1,734$$

$$Y_2/Y_U = 0,5 \times \sqrt{(1 + (8 \times 1,73^2))} - 1$$

$$= 2,005$$

$$Y_2 = 2,211 \times 0,027$$

$$= 0,040 \text{ m}$$



Gambar 10. Jari – jari mercu Ogee tipe vertikal  
 Sumber : Gambar mercu autocad 2007

### D. Kolam Loncat Air

Perhitungan kolam loncat dihitung dengan data-data sebagai berikut:

Tinggi energy air banjir diatas mercu (H)

$$= 0,55 \text{ m}$$

Elevasi mercu

$$= + 0,15 \text{ m}$$

Elevasi kolam loncat air

$$= + 0,10 \text{ m}$$

Percepatan gravitasi (g)

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

Beda tinggi mercu dan kolam olak (z)

$$= (\text{Elevasi mercu} - \text{Elevasi Kolam loncat air})$$

$$= (0,15 - 0,1)$$

$$= 0,05 \text{ m}$$

Kecepatan awal loncatan (V1)

$$= \sqrt{(2g (1/2 H_1 + Z))}$$

$$= \sqrt{(2 \times 9,81 (1/2 \times 0,055 + 0,05))}$$

### E. Perencanaan Kolam Olakan

Dimensi kolam olak tipe USBR III

Panjang lantai olakan (Lj)

$$= 2,7 \times Y_2$$

$$= 2,7 \times 0,040$$

$$= 0,108 \text{ m}$$

Blok-blok penghalang (nj)

$$= Y_u \times (4 + Fr) / 6$$

$$= 0,020 \times (18 + 1,734) / 6$$

$$= 0,019 \text{ m}$$

Endsill (n)

$$= Y_u \times (18 + Fr) / 10$$

$$= 0,020 \times (18 + 1,734) / 10$$

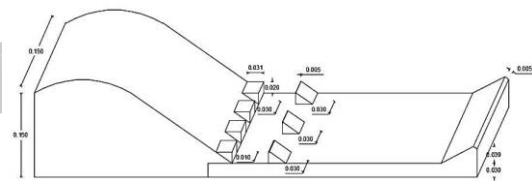
$$= 0,039 \text{ m}$$

Jarak Blok muka dengan Blok tengah

$$= 0,82 \times Y_2$$

$$= 0,82 \times 0,040$$

$$= 0,033 \text{ m}$$



Gambar 10. Bendung tipe ogee dan kolam olak tipe USBR III

Sumber : Gambar mercu autocad 2007

### F. Hasil Pengujian

Pengujian yang dilakukan dalam mendapatkan data primer untuk penelitian

yaitu dengan percobaan langsung di laboratorium.



Gambar 12. Persiapan uji model fisik  
Sumber : Dokumntasi Pribadi

Pengujian aliran dimulai dengan mengalirkan aliran sepanjang *flume* melalui bendung *ogee* dengan lima variasi debit memakai pompa listrik. Besar debit ( $Q$ ) yang digunakan 0,004 m<sup>3</sup>/detik, 0,003 m<sup>3</sup>/detik, 0,002 m<sup>3</sup>/detik, 0,001 m<sup>3</sup>/detik, 0,0006 m<sup>3</sup>/detik. Dengan dimensi saluran yaitu:

Panjang flume = 4,1 m  
Lebar flume = 0,15 m  
Tinggi flume = 0,24 m

Menghitung waktu dibuat beberapa kali trial untuk mendapatkan waktu rata-rata air di flume.

$$\text{Waktu (t)} = \frac{(t_1+t_2+t_3)}{3}$$

$$\text{Waktu (t)} = \frac{(5,54+5,98+5,04)}{3} = 5,52 \text{ detik}$$

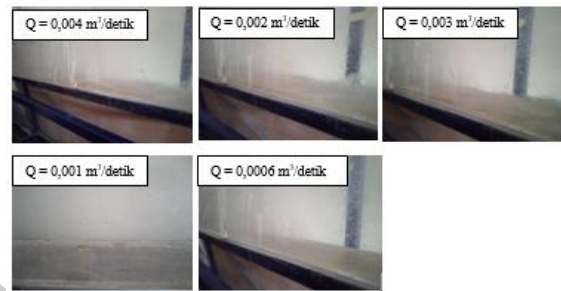
Kecepatan awal aliran didapatkan sebelum aliran dibendung. Pengujian dilakukan secara manual dengan cara menggunakan bahan yang mudah mengapung, dapat disajikan pada gambar 13 dan untuk mengetahui hasil dari kecepatan aliran tersebut, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= s / t \\ &= 4,1 / 4,56 \\ &= 0,899 \text{ m / detik} \end{aligned}$$

dengan:

$s$  = Panjang flume (m)

$t$  = waktu (m)



Gambar 13 kecepatan dan debit variasi aliran  
Sumber : Dokumntasi Pribadi

Untuk menghitung besarnya debit, diperlukan menghitung luas penampang basah dengan memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A &= B \times h \\ &= 0,15 \times 0,02 \\ &= 0,03 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

dengan :

$B$  = Lebar flume (m)  
 $h$  = Ketinggian air (m)

Setelah didapatkan kecepatan aliran, dan luas penampang basah, kemudian menghitung besarnya debit, perlu menghitung besarnya debit yang mengalir di *flume*, menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 0,03 \times 0,0885 \\ &= 0,004 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

dengan :

$A$  = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)  
 $V$  = Kecepatan aliran (m/detik)

Data hasil perhitungan debit dan uji aliran yang dilakukan, dapat disajikan secara lengkap pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Debit Aliran

b	t	h	V	A	Q
(m)	(detik)	(m)	(m/detik)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /detik)
0,15	4,56	0,030	0,899	0,005	0,004
	5,23	0,025	0,784	0,004	0,003
	5,52	0,020	0,743	0,003	0,002
	6,51	0,015	0,630	0,002	0,001
	9,72	0,010	0,422	0,002	0,0006

Sumber: hasil Perhitungan

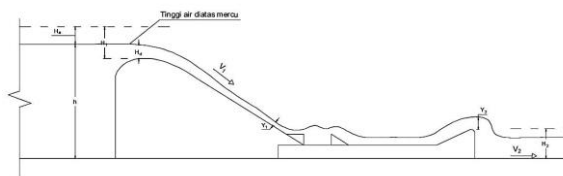


### G. Pengolahan data

Selanjutnya dibuat analisa data dengan memakai data hasil pengukuran serta perhitungan secara langsung pada benda uji. Adapun titik – titik pengukuran muka air pada bendung mercu ogee dan kolam olak USBR disajikan pada gambar 4.10. pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *flume* yang ada di laboratoium. Data penelitian yang harus di cari meliputi :

- Ketinggian aliran,
- Kecepatan aliran,
- Pengukuran tinggi dan panjang loncatan air.

Analisa yang dilakukan mencakupi menghitung kecepatan aliran di hulu bendung ( $V_0$ ) dan menghitung kecepatan aliran setelah loncatan ( $V_2$ ). Kecepatan awal loncatan air ( $V_1$ ), kedalaman awal loncat air ( $Y_1$ ). Tinggi kecepatan energi ( $H_a$ ), tinggi loncatan air ( $Y_2$ ), bilangan froude ( $Fr$ ), tinggi air diatas bendung ( $H_d$ ) dan panjang loncatan air ( $L_j$ ). Penjabaran secara detail dapat disajikan pada gambar 14.



Gambar 14 Parameter data yang diolah  
 Sumber : Gambar mercu autocad 2007

### H. Ketinggian muka air

Ketinggian muka air diperlukan untuk menghitung beda tinggi energi. Hasil pengukuran ketinggian muka air di hulu mercu ( $h$ ) dapat disajikan pada tabel 4.2 dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_d = H_1 - H_a$$

$$= 0,084 - 0,038$$

$$= 0,046 \text{ m}$$

dengan:

$H_d$  = Tinggi muka air di hulu bendung (m)

$H_1$  = Tinggi energi di atas mercu (m)

$H_a$  = Tinggi kecepatan energi (m)

Menghitung tinggi kecepatan energi ( $H_a$ ) yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_a = V^2 / 2g$$

$$= 0,8992/2 \times 9,81$$

$$= 0,038 \text{ m}$$

dengan :

$V$  = Kecepatan aliran (m/detik)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

Kemudian untuk menghitung kedalaman air kritis ( $H_c$ ) digunakan persamaan berikut:

$$H_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{0,0004^2}{9,81}}$$

$$= 0,003 \text{ m}$$

dengan:

$H_c$  = Ketinggian air kritis (m)

$q$  = Debit persatuan lebar (m<sup>3</sup>/detik.m')

$g$  = Percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

Tabel 2 Perhitungan tinggi air banjir dengan variasi debit

No	b	h	Hd	Ha	Q	Hc	q
	m	m	m	m	m <sup>3</sup> /detik.k		m <sup>3</sup> /detik.m'
1	0,15	0,203	0,053	0,093	0,004	0,034	0,020
2	0,15	0,199	0,049	0,055	0,003	0,029	0,015
3	0,15	0,196	0,046	0,038	0,002	0,024	0,011
4	0,15	0,189	0,039	0,023	0,001	0,014	0,005
5	0,15	0,184	0,034	0,017	0,0006	0,011	0,003

Sumber: hasil Perhitungan

### I. Tinggi energi air

Salah satu parameter loncatan hidrolis yang dihitung yaitu tinggi energi. Kecepatan aliran diukur kemudian dihitung, sedangkan pengamatan kedalaman air diatas ambang ujung hanya diukur di kolam olak. Sedangkan untuk mencari tinggi energi yaitu dengan cara menghitung dan mengolah data, selanjutnya menghitung tinggi energi air di hulu serta hilir dapat disajikan pada tabel 3 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_1 = Y + v^2/2g$$

Dengan :

$Y$  = ketinggian awal loncat air ( m)

$V_1$  = kecepatan awal loncatan (m/detik)

$g$  = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

Tabel 3 Perhitungan tinggi energi dengan variasi debit

USBR TIPE	Q (m <sup>3</sup> /detik)	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)
II	0,004	0,145	0,020
	0,003	0,104	0,018
	0,002	0,084	0,015
	0,001	0,062	0,007
	0,001	0,051	0,005
III	0,004	0,145	0,015
	0,003	0,104	0,013
	0,002	0,084	0,010
	0,001	0,062	0,008
IV	0,004	0,145	0,006
	0,003	0,104	0,017
	0,002	0,084	0,015
	0,001	0,062	0,009
IV	0,004	0,145	0,022
	0,003	0,104	0,017
	0,002	0,084	0,015
	0,001	0,062	0,009

Sumber : hasil Perhitungan

#### J. Energi Spesifik

Pada keadaan aliran tidak seragam (*non uniform flow*), nilai E dapat berkurang atau bertambah, dalam hal ini kecepatan rata-rata  $V = Q / A$ , dimana Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/detik) dan A = luas penampang basah (m<sup>2</sup>). Sehingga untuk mencari nilai E pada setiap penampang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E_1 = y + \frac{v^2}{2g}$$

$$= y + \frac{1,251^2}{2,981}$$

$$= 0,074 \text{ m}$$

Dengan:

E = energi spesifik (m)

y = kedalaman air (m)

v = kecepatan aliran (m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

Tabel 4 Perhitungan tinggi energi dengan variasi debit

USBR TIPE	Q (m <sup>3</sup> /detik)	E <sub>0</sub> (m)	E <sub>1</sub> (m)	E <sub>2</sub> (m)
II	0,004	0,204	0,074	0,149
	0,003	0,200	0,064	0,110
	0,002	0,196	0,058	0,090
	0,001	0,189	0,051	0,078
	0,001	0,185	0,046	0,062
III	0,004	0,204	0,093	0,262
	0,003	0,200	0,082	0,201
	0,002	0,196	0,075	0,182
	0,001	0,189	0,058	0,086
IV	0,001	0,185	0,050	0,060
	0,004	0,204	0,079	0,146
	0,003	0,200	0,067	0,124
	0,002	0,196	0,060	0,094
IV	0,001	0,189	0,051	0,061
	0,001	0,185	0,046	0,044

Sumber: hasil Perhitungan

#### K. Kecepatan air

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dari laboratorium yaitu pengamatan serta pengukuran pada benda uji hidraulik, didapat dengan adanya variasi debit serta kecepatan hidrolis sangat mempengaruhi karakteristik aliran. Berikut pembahasan hasil pengolahan data kecepatan aliran.

Kecepatan di hulu bendung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_0 = s / t$$

$$= 0,8 / 5,82$$

$$= 0,137 \text{ m/detik}$$

Kemudian untuk mengetahui kecepatan awal loncatan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_1 = \sqrt{2g \left( \frac{1}{2} H_1 + Z \right)}$$

$$= \sqrt{2 \times 9,81 \left( \frac{1}{2} \times 0,145 + 0,14 \right)}$$

$$= 1,251 \text{ m/detik}$$

Dan untuk persamaan kecepatan setelah

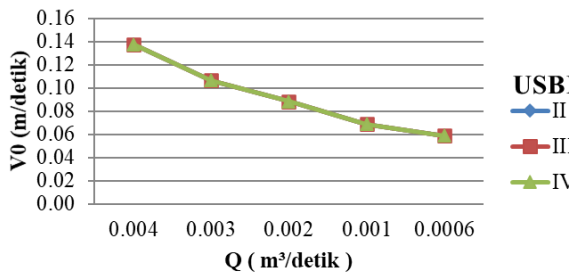
loncatan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_2 &= Q / A \\ &= 0,004 / (H_2 \times B) \\ &= 0,004 / (0,020 \times 0,15) \\ &= 1,349 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Uji hidrolisis pada pengukuran elevasi muka air sesuai dengan debit rencana dalam desain. Maka diperlukan beberapa kali percobaan dengan pengamat tinggi air di berbagai titik pengamatan dengan debit yang berbeda-beda, sehingga memudahkan mengamati tinggi muka air. Selain pengamatan muka air dilakukan juga pengukuran kecepatan atau arus dengan menggunakan alat ukur.

Data kecepatan aliran dapat disajikan pada tabel 5 kemudian dianalisis kedalam grafik. Kecepatan yang diamati yakni kecepatan aliran di hulu bendung ( $V_0$ ), kecepatan awal loncat ( $V_1$ ), serta kecepatan setelah loncatan ( $V_2$ ). Kecepatan di hulu bendung adalah kecepatan yang paling rendah, ini terjadi karena disebabkan adanya efek pembendungan dan kecepatan pada saat loncatan yaitu kecepatan yang paling besar. Penurunan kecepatan terjadi pada kolam olak dengan adanya kejadian pusaran air yang akan mengubah bentuk aliran dari superkritis menjadi subkritis. Kejadian turbulensi juga bersifat meredam energi aliran, sehingga energi setelah pusaran relatif lebih tinggi.

Dari analisa dapat diketahui nilai kecepatan aliran di hulu bendung ( $V_0$ ) relatif sama dikarenakan hanya menggunakan satu tipe mercu yaitu tipe mercu ogee. Untuk grafik kecepatan aliran di hulu bendung ( $V_0$ ) dapat disajikan pada gambar 5



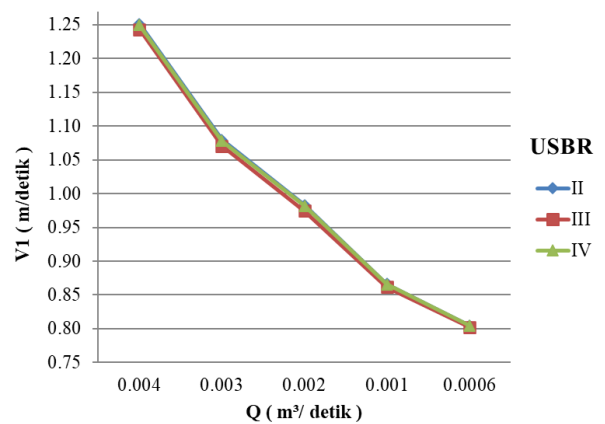
Gambar 15 Grafik kecepatan aliran di hulu bendung ( $V_0$ )

Sumber: hasil Perhitungan

Tabel 5 Kecepatan aliran

USBR TIPE	Q	$V_0$	$V_1$	$V_2$
	m³/detik	m/detik	m/detik	m/detik
II	0,004	0,137	1,251	1,349
	0,003	0,106	1,080	1,111
	0,002	0,088	0,983	0,990
	0,001	0,069	0,866	0,952
	0,0006	0,059	0,805	0,844
III	0,004	0,137	1,243	1,798
	0,003	0,106	1,071	1,538
	0,002	0,088	0,974	1,486
	0,001	0,069	0,862	0,889
	0,0006	0,059	0,802	0,703
IV	0,004	0,137	1,249	1,226
	0,003	0,106	1,078	1,176
	0,002	0,088	0,982	0,990
	0,001	0,069	0,866	0,741
	0,0006	0,059	0,805	0,603

Sumber : hasil Perhitungan



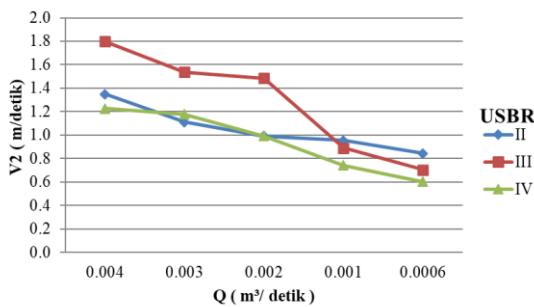
Gambar 16 Grafik kecepatan awal loncatan

Sumber : hasil Perhitungan

Dari gambar 16 nilai kecepatan awal loncatan tidak jauh berbeda dikarenakan tinggi dan panjang loncatan relatif sama. Hasil dari kecepatan awal loncatan yang memiliki nilai terendah yaitu USBR Tipe III karena blok – blok penghalang muka dengan blok penghalangan tengah yang berfungsi sebagai meredam aliran. Ada empat blok muka yang digunakan dan tiga blok ditengah pada USBR

III. Kemudian USBR tipe IV menggunakan tiga blok penghalang di muka dan untuk kecepatan yang paling tinggi yaitu USBR tipe II menggunakan empat blok penghalang di muka.

Selanjutnya dari gambar 17 dapat disimpulkan bahwa variasi debit pada panjang, tinggi serta blok – blok penghalang sangat mempengaruhi hasil kecepatan aliran. Hasil kecepatan aliran setelah loncatan yang mempunyai nilai paling tinggi yaitu USBR tipe III.



Gambar 17 Grafik kecepatan aliran setelah loncatan ( $V_2$ )

#### L. Loncat air

Loncat air diakibatkan jika tipe saluran turbulen berubah dari aliran superkritis menjadi sub kritis. Dalam saluran terbuka loncat air dapat dicermati ketika air melalui bangunan ukur.

Loncatan hidrolis akan terbentuk jika *flume* pada bilangan *froude* aliran  $Fr_1$ , kedalam aliran  $Y_1$ , dan  $Y_2$ , memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{1}{2} \sqrt{1 + 8Fr^2} - 1$$

Dengan:

$Y_1$  = Tinggi awal loncat air (m)

$Y_2$  = Tinggi air di atas ambang ujung (m)

$Fr$  = bilangan Froude

Loncat air adalah bentuk dari salah satu contoh aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*). Dari keadaan loncatan air di hilir bendung, bisa mengakibatkan pengurangan energi aliran, untuk mengukur panjang serta tinggi loncatan air tersebut dapat diukur setelah air stabil. Data hasil penelitian dapat disajikan pada tabel 6 dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = q / V_1$$

Dengan:

$q$  = debit persatuan lebar ( $m^3/detik.m'$ )

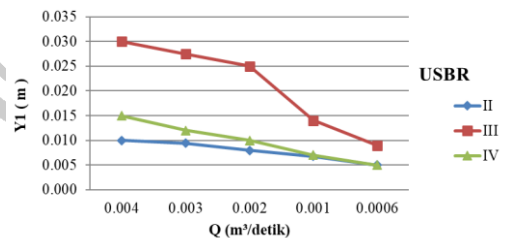
$V_1$  = kecepatan awal loncatan (m /detik)

Tabel 6 Kedalaman air

USBR	Q ( $m^3/detik$ )	$Y_1$ (m)	$Y_2$ (m)
II	0,004	0,010	0,057
	0,003	0,009	0,047
	0,002	0,008	0,040
	0,001	0,007	0,032
	0,0006	0,005	0,026
III	0,004	0,030	0,097
	0,003	0,028	0,080
	0,002	0,025	0,070
	0,001	0,014	0,046
	0,0006	0,009	0,034
IV	0,004	0,015	0,069
	0,003	0,012	0,053
	0,002	0,010	0,044
	0,001	0,007	0,033
	0,0006	0,005	0,026

Sumber: hasil Perhitungan

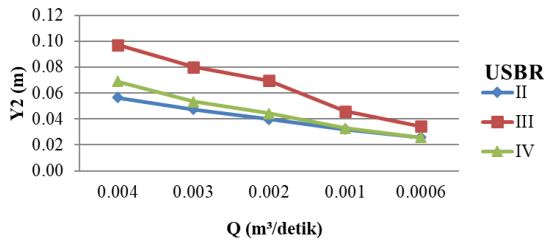
Berdasarkan gambar 18 menunjukkan tinggi kedalaman air di awal loncat air ( $Y_1$ ) tidak jauh berbeda, hanya saja USBR tipe III lebih tinggi dengan nilai 0,030 m, dibandingkan USBR tipe II, dan tipe USBR IV. Nilai rerata tinggi loncat air ( $Y_1$ ) yaitu USBR tipe II = 0,0078 m, USBR tipe III = 0,0212 m, USBR IV = 0,0098 m. Dapat disimpulkan USBR tipe III mengalami turbulensi akibat loncat air.



Gambar 18 Grafik kedalaman air di awal loncat air

Sumber: hasil Perhitungan





Gambar 19 Grafik tinggi air di atas ambang ujung  
 Sumber: hasil Perhitungan

Untuk tinggi air di atas ambang ujung ( $Y_2$ ) bisa disajikan pada gambar 4.19 untuk nilai rerata USBR tipe II = 0,0404 m, USBR tipe III = 0,0654 m, USBR IV = 0,0918 m. Dan dapat disimpulkan kolam olak USBR III memiliki nilai paling tinggi di antara tipe USBR yang lainnya.

Tabel 7 bilangan Froude dan panjang loncat air

USBR TIPE	Q	Fr <sub>0</sub>	Fr <sub>1</sub>	Fr <sub>2</sub>	LJ
	m³/detik				m
II	0,004	0,097	3,995	1,812	0,050
	0,003	0,076	3,556	1,632	0,045
	0,002	0,064	3,509	1,587	0,040
	0,001	0,051	3,366	1,696	0,035
	0,001	0,044	3,634	1,680	0,030
III	0,004	0,097	2,292	1,841	0,070
	0,003	0,076	2,062	1,735	0,050
	0,002	0,064	1,968	1,798	0,040
	0,001	0,051	2,325	1,323	0,037
	0,001	0,044	2,700	1,211	0,030
IV	0,004	0,097	3,257	1,489	0,050
	0,003	0,076	3,143	1,626	0,044
	0,002	0,064	3,136	1,502	0,040
	0,001	0,051	3,304	1,308	0,036
	0,001	0,044	3,634	1,200	0,030

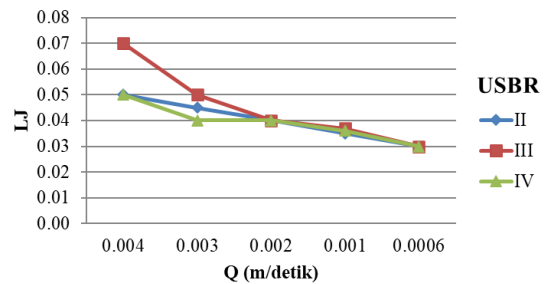
Sumber: hasil Perhitungan

Dilakukan pengujian secara langsung dilaboratorium untuk memperoleh panjang loncat air (Lj) dan dalam persamaanya masih belum dapat dipakai untuk menghitungnya. Panjang Loncatan air (Lj) diukur dari ujung

kolam olak ke titik terjauh dari olakan, hubungan pengaruh tipe kolam olakan dengan panjang loncatan air dipengaruhi oleh besarnya debit aliran.

Pada tabel 7 yang disajikan, dapat terlihat bahwa yang memiliki nilai loncat air dari ketiga tipe USBR tidak jauh berbeda dan nilai paling tinggi yaitu USBR tipe III = 0,070 m.

Dari gambar 20 panjang loncatan air (Lj) dapat terlihat semakin tinggi debit aliran yang melewati bedung maka panjang loncat air juga semakin tinggi. Dapat disimpulkan kolam olak paling efektif itu disesuaikan oleh kebutuhan yang ada dilapangan dan tergantung besar debit yang diperlukan.



Gambar 20 Grafik panjang loncat air

### M. Bilangan Froude

Hasil dari bilangan *froude* disajikan pada tabel 7 Untuk menghitung bilangan *froude* pada awal loncat air digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Fr_0 &= V_0 / \sqrt{g \cdot h} \\ &= 0,137 / \sqrt{9,81 \times 0,203} \\ &= 0,097 \end{aligned}$$

Bilangan Froude saat kedalaman kritis:

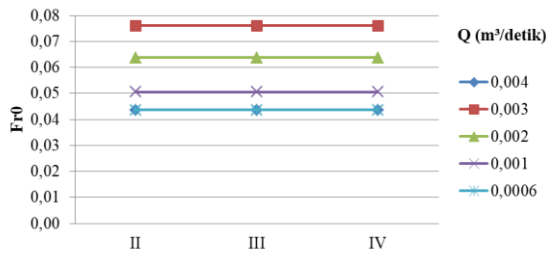
$$\begin{aligned} Fr_1 &= V_1 / \sqrt{g \cdot Y_1} \\ &= 1,251 / \sqrt{9,81 \times 0,010} \\ &= 1,841 \end{aligned}$$

Bilangan Froude saat kedalaman konjugasi:

$$\begin{aligned} Fr_2 &= V_2 / \sqrt{g \cdot Y_2} \\ &= 1,349 / \sqrt{9,81 \times 0,057} \\ &= 1,812 \end{aligned}$$

Pengategorian aliran dapat dilaksanakan dengan referensi pada bilangan *froude* (Fr) tak berdimensi, dimana mengacu pada bilangan *froude* yang ada, dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu  $Fr < 1,00$  merupakan aliran

subkritis,  $Fr = 1,00$  yaitu aliran kritis, dan  $Fr > 1,00$  yaitu aliran superkritis.



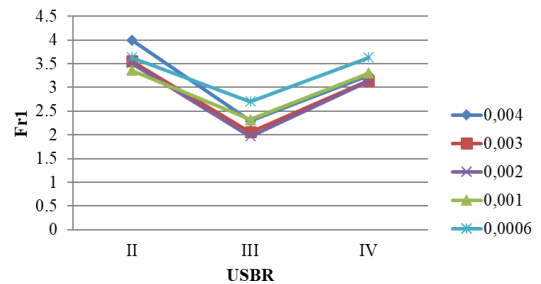
Gambar 21 Grafik Bilangan  $Fr_0$   
Sumber: hasil Perhitungan

Bilangan *froude* bertujuan untuk menetapkan serta mengetahui berbagai macam aliran yang terjadi dalam saluran pada saat sistem pengaliran. Melalui bilangan *froude* ini kita bisa mengklarifikasi karakteristik aliran, apakah superkritis atau subkritis. Berdasarkan grafik pada gambar 21 dapat dilihat bahwa  $Fr_0$  untuk kolam tipe USBR II, III, IV mempunyai rata-rata yang sama adalah  $Fr < 1,00$  yaitu aliran subkritis, aliran yang kecepatannya kecil sehingga tidak terjadi adanya loncatan.

Grafik pada gambar 22 akan timbul situasi yang dimana  $Fr_1$  terjadi awal loncatan aliran, yang dimana loncatan aliran memiliki nilai yang tinggi dimana  $Fr > 1,00$  yaitu merupakan aliran superkritis. Apabila  $2,5 < Fr \leq 4,5$  maka loncatan air tidak terbentuk dan loncatan menimbulkan gelombang sampai jarak yang jauh di saluran. Maka dapat terlihat bahwa hasil USBR tipe II memiliki nilai yang paling tinggi dan akan menimbulkan situasi yang sulit, diperoleh semburan berisolasi mengikuti dasar loncatan bergerak ke permukaan, untuk menanganinya yaitu dengan cara mengupayakan supaya kolam olak pada bilangan *froude* ini bisa mengakibatkan olakan (turbulensi) yang besar dengan balok halangnya maupun menambahkan intensitas pusanan dengan pemasangan blok depan kolam.

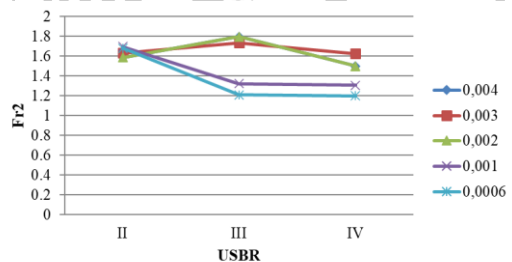
Untuk hasil USBR tipe III memiliki nilai 2,292 untuk bilangan *Froude* nya. Bila  $1,7 < Fr \leq 2,5$  membentuk deretan gulungan gelombang pada permukaan loncatan, tetapi permukaan di hilir tetap halus, maka kolam olakan dibutuhkan untuk meredam energi

secara efisien. Kolam olak dengan ambang ujung mampu bekerja dengan baik.



Gambar 22 Grafik Bilangan  $Fr_1$   
Sumber: hasil Perhitungan

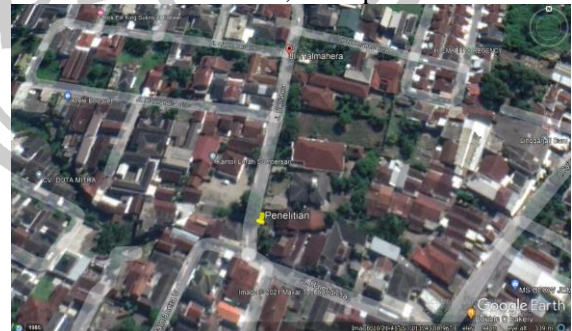
Untuk gambar 23 dapat dilihat  $Fr_2$  yang terjadi awal loncatan aliran memiliki nilai yang tinggi dimana  $Fr > 1,00$  yaitu merupakan aliran superkritis. Untuk bilangan *froude* ( $Fr = 1 - 1,7$ ) terjadi gelombang pada permukaan air, serta loncatan yang terjadi dinamakan loncatan bergelombang.



Gambar 23 Grafik Bilangan  $Fr_2$   
Sumber: hasil Perhitungan

## N. Hasil perhitungan di lapangan

Penelitian dilakukan di jalan Halmahera, Kecamatan Summersari, Kabupaten Jember.



Gambar 24 lokasi penelitian  
Sumber: Google earth

Sebelum melakukan penelitian di lapangan, dilakukan pembuatan model uji fisik bendung tipe USBR terlebih dahulu disajikan pada gambar 2.



Gambar 24 Pembuatan bendung dan kolam olak  
 Sumber: Dokumentasi Pribadi

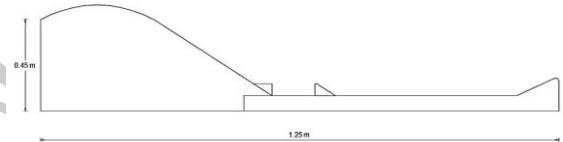
Setelah proses pembuatan mercu dan kolam olak selesai dilanjutkan pengukuran di lapangan dapat disajikan pada gambar 25.



Gambar 25 Pengukuran bendung  
 Sumber: Dokumentasi Pribadi

Di bab sebelumnya dijelaskan untuk mendapatkan data lapangan dilakukan dengan cara metode ukur. Metode ukur yang didapatkan yaitu antara lain:

Lebar bendung (B)	= 0,835 m
Tinggi Saluran	= 0,86 m
Tinggi muka air	= 0,35
Debit air (Q)	= 0,124 m <sup>3</sup> /detik
Kecepatan (V)	= 0,425 m/detik



Gambar 26 hasil perencanaan kolam olak tipe USBR III

Sumber: Gambar mercu autocad 2007

Hasil dari penelitian lapangan dihasilkan panjang loncatan 0,95 m dengan kecepatan di hulu bendung ( $V_0$ ) = 0,27 didapatkan kecepatan loncatan ( $V_1$ ) = 2,39. Dari hasil pengamatan dapat diketahui nilai  $Fr_0 = 0,35$  dimana bilangan Froude ( $Fr$ ) < 1,00 adalah aliran subkritis, sedangkan  $Fr_1 = 3,05$  dengan nilai  $Fr > 1,00$  adalah superkritis.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Pengaruh V (kecepatan aliran) dimana untuk hasilnya  $V_0$  relatif sama dikarenakan menggunakan tipe mercu ogee, hasil  $V_1$  memiliki nilai tidak jauh berbeda disebabkan kemiringan yang sama yang membuat berbeda yaitu dari blok-blok penghalang, dan untuk hasil  $V_2$  yang memiliki nilai tinggi adalah USBR III nilai 1,789 m/detik dengan debit (Q) 0,004 m<sup>3</sup>/detik.
2. Variasi debit pada panjang loncat (Lj) dan tinggi loncat air disimpulkan bahwa semakin bertambahnya debit aliran, maka panjang loncat air semakin tinggi. Nilai rerata kedalaman air di awal loncat air ( $Y_1$ ) yang memiliki nilai yang besar yaitu USBR tipe III = 0,0212 m dan nilai kedalaman di ambang ujung ( $Y_2$ ) yaitu tipe III = 0,0654 m. Disimpulkan kolam olak USBR tipe III memiliki rerata tinggi loncatan dan mampu menimbulkan olakan (turbulensi).
3. Karakteristik aliran yang terjadi pada  $Fr_1$



adalah aliran subkritis dikarenakan froudenya dibawah nilai 1,00. Nilai pada  $Fr_1$  dan  $Fr_2$  di dapatkan diatas nilai 1,00 yaitu superkritis untuk hasil di lapangan tidak jauh berbeda dengan yang ada di laboratorium, bisa disimpulkan untuk tipe kolam olak USBR III sangat efisien digunakan untuk perencanaan di lapangan dapat dikondisikan dan disesuaikan dengan debit yang ada dilapangan.

## B. Saran

Berdasarkan Tugas Akhir “Kajian Model Fisik Perbandingan Perilaku Aliran Pada Bendung Kolam Olak Tipe USBR II,III,IV” untuk pengujian berikutnya disarankan untuk dapat mencapai berbagai kemungkinan yang terjadi yaitu :

1. beberapa benda uji dan debit nya diperbanyak supaya lebih efektif dan terlihat perbedaan hasil perhitungan.
2. Untuk *Flume* usahakan dapat dimiringkan, supaya loncatan hidrolis yang terjadi akan terlihat dengan jelas.

## DAFTAR PUSTKA

Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia.

(2017). *Modul 13 Analisa stabilitas bendungan : Perhitungan stabilitas lereng*. Jakarta: Pusdiklat SDA dan Konstruksi.

Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Departemen Pekerjaan Umum. (2007). *Pembangunan Bendungan Urugan Pada Pondasi Tanah Lunak*. Jakarta: Direktorat Jendral Sumber Daya Air.

Fatmawati, L. E. (2019). Rekayasa dan Manajemen Konstruksi. *Analisis Stabilitas Bendung Embung Made, Desa Made, Kecamatan Kudu, Kabupaten Jombang*, 241-248.

Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Marga, P. B. (2019). *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi*. Jakarta.

Putra, D. N. (2018). Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. *Analisis Stabilitas Tubuh Bendungan Raknemo*, 95-104.

Rizal, N. S. (2017). *Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air*. Jember: LPPM Unmuh Jember.

SDA, P. (2013). *KP - 02 Bagian Bangunan Utama*. Jakarta.

Soedibyo. (2003). *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT. Pradinya Paramita.

Sosrodarsono, S. (2002). *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: PT. Pradinya Paramita.