

# PENGARUH KEMIRINGAN TUBUH HILIR BENDUNG (*SPILLWAY*) DAN *BAFFLE BLOCK* PADA KOLAM OLAK *SOLID ROLLER BUCKET* TERHADAP LONCATAN HIDROLIK DAN PEREDAMAN ENERGI

Jaji Abdurrosyid<sup>1</sup>, Gurawan Jati Wibowo<sup>2</sup>, dan Pembra Juned Adipura<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Progdi Magister Teknik Sipil Pascasarjana dan Progdi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

<sup>2</sup> Progdi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

<sup>3</sup> Alumnus Progdi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jaji.Abdurrosyid@ums.ac.id , munidi64@gmail.com

## Abstrak

Peninggian muka air karena pembendungan akan mengakibatkan adanya aliran yang deras di bagian hilir. Jika dalam suatu aliran terjadi perubahan jenis aliran dari superkritis ke subkritis, maka akan terjadi loncatan hidrolis atau yang sering disebut *hydraulic jump*. Guna mereduksi energi yang terdapat di dalam aliran tersebut, maka diperlukan bangunan peredam energi yaitu kolam olakan (*stilling basin*). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kemiringan tubuh hilir bendung dan pengaruh susunan *baffle blocks* terhadap loncatan hidrolis dan peredaman energi.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidraulika Progdi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMS. Penelitian ini menggunakan *Circulating flume* berukuran 30x60x1000 cm dengan kemiringan dasar saluran 0,0058. Menggunakan pelimpah ogee dengan kemiringan tubuh hilir 1:4, 2:4, 3:4, 4:4 dan menggunakan kolam olak tipe *solid roller bucket* dengan ukuran *baffle blocks* 5/12 R. Penelitian dilakukan pada 16 variasi *baffle blocks* dengan menggunakan empat variasi debit yang berbeda dan pada setiap debitnya dilakukan pengujian turbulensi aliran, panjang pusaran air dan kehilangan energi.

Hasil penelitian menunjukkan beberapa kesimpulan, pertama semakin bertambahnya debit aliran, maka semakin besar turbulensi dan panjang loncatan hidrolis di hilir pusaran serta semakin kecil nilai kehilangan energinya. Kedua, susunan *baffle blocks* yang paling efektif dalam meredam turbulensi dan loncatan hidrolis di hilir pusaran adalah yang dipasang pada tengah-tengah radius lengkung. Ketiga, efisiensi kehilangan energi bertambah seiring berkurangnya variasi debit, susunan *baffle blocks* yang diletakkan pada awal radius lengkung adalah yang paling efektif. Keempat, dengan debit aliran yang sama dari variasi kemiringan tubuh hilir bendung tidak terjadi perbedaan yang signifikan terhadap turbulensi aliran dan kehilangan energi kecuali pada panjang loncatan hidrolis, yaitu kemiringan 4:4 yang paling efektif.

**Kata kunci:** *baffle blocks*, loncatan hidrolis pelimpah ogee, *solid roller bucket*

## Pendahuluan

Peninggian muka air karena adanya pembendungan mengakibatkan perubahan jenis aliran dari superkritis menjadi subkritis, maka akan terjadi loncatan air (*hydraulic jump*). Guna mereduksi energi yang terdapat di dalam aliran tersebut biasanya dipakai kolam olakan (*stilling basin*). Pemilihan kolam olak tipe *solid roller bucket* didasarkan pada perilaku hidrolis yang terbentuk dua pusaran, satu pusaran akan bergerak ke arah berlawanan dengan jarum jam dan pusaran lainnya akan bergerak searah dengan jarum jam. Selain itu, susunan dan bentuk *baffle blocks* sangat berpengaruh terhadap gerusan di hilir bendung dan panjang loncatan air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kemiringan tubuh hilir bendung serta pengaruh bentuk dan susunan *baffle blocks* terhadap loncatan hidrolis dan peredaman energi.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan berkaitan dengan peredam energi pada kolam olakan diantaranya sebagai berikut. Agnes (1999) melakukan penelitian dan menyimpulkan bahwa pemasangan *baffle blocks* sangat mempengaruhi loncatan air dan juga tata letak *baffle blocks* yang berbeda akan menghasilkan panjang kolam olakan yang berbeda pula. Sedangkan pada model pelimpah yang tidak memakai *baffle blocks* loncatan yang dihasilkan lebih panjang dibanding model yang memakai *baffle blocks*.

Abdurrosyid (2007), melakukan penelitian tentang gerusan pada bendung dengan kolam olak tipe USBR. Berdasarkan hasil penelitian bahwa tipe USBR-1 yang tidak dilengkapi dengan *Blocks* (Blok-blok penghalang)

menunjukkan kedalaman gerusan yang lebih besar dibandingkan dengan tipe USBR-2, USBR-3, dan USBR-4 yang dilengkapi dengan blok-blok penghalang (baik *Chut Blocks*, *Baffle Blocks*, *Sill Blocks*).

Tauvan (2009) melakukan penelitian tentang efektivitas *baffle blocks* pada kolam olak *type solid bucket*. Hasil penelitian ini adalah *baffle Blocks* dengan dimensi 2,5 cm dan peletakan pada kolam olak dua baris tegak lurus bersilangan yang paling efektif meredam energi.

Irawan (2011) melakukan percobaan penelitian pengaruh variasi kemiringan pada hulu bendung dan penggunaan kolam olak tipe *solid roller bucket* terhadap loncatan air dan gerusan setempat. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kedalaman air saat awal loncatan hidrolis lebih rendah dibandingkan setelah loncatan, tetapi energi spesifik saat awal loncatan hidrolis lebih besar dibandingkan setelah loncatan. Dengan debit aliran yang sama dari variasi kemiringan hulu bendung, tidak terjadi perbedaan yang berarti terhadap panjang gerusan.

## Dasar Teori

Pelimpah sebagai salah satu komponen bangunan hidraulika pengatur aliran, dibuat untuk meninggikan muka air. Akibat dari peninggian muka air tersebut terjadi perubahan aliran yang cepat dan energi yang sangat besar yang menyebabkan penggerusan saluran di bawah pelimpah (Mays, 1999; Triatmodjo, 1995; Ranga Raju, 1986). Sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi gerusan tersebut dibuat suatu bangunan peredam energi atau yang lebih dikenal dengan kolam olakan (*stilling basin*). Sering kali kolam olak dilengkapi dengan adanya *baffle blocks* atau blok-blok halang untuk menambah efektifitas redaman energi (Peterka, 1974).

### 1. Tipe Aliran Pada Bendung

Aliran pada bendung merupakan saluran terbuka. Saluran terbuka adalah saluran dengan muka air bebas pada semua titik di sepanjang saluran dengan tekanan di permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Pengaliran melalui suatu pipa (saluran tertutup) yang tidak penuh (masih ada muka air bebas) masih termasuk dalam aliran terbuka (Chow, 1992; Raju, 1986). Aliran yang terjadi pada saluran bisa aliran seragam atau aliran tidak seragam. Aliran seragam adalah aliran yang dianggap memiliki ciri-ciri pokok adalah kedalaman, luas basah, kecepatan dan debit pada setiap penampang pada bagian saluran yang lurus adalah tetap (Chow, 1992). Pada aliran ini garis energy, muka air dan dasar saluran dianggap sejajar. Untuk keperluan praktis, prinsip aliran seragam ini sangat dibutuhkan untuk pemahaman yang lebih mudah dalam analisis saluran terbuka.

### 2. Bilangan Reynolds

Pengaruh kekentalan dengan kelembaman (inersia) pada suatu aliran menghasilkan sifat laminar, turbulen atau peralihan. Suatu aliran disebut laminar apabila gaya kekentalan relatif lebih besar daripada gaya kelembaman sehingga kekentalan mempengaruhi sifat aliran. Aliran disebut turbulen apabila gaya kekentalan relatif lebih kecil daripada gaya kelembaman. Adapun aliran bersifat peralihan dimana terletak diantara aliran laminar dan turbulen. Ukuran kekentalan dinyatakan dengan angka Reynold, aliran pada saluran terbuka dikatakan laminar bila  $Re \leq 500$  dan aliran menjadi turbulen bila  $Re \geq 2000$ .  $Re$  dinyatakan dengan persamaan

$$Re = \frac{VR}{\nu} \quad (1)$$

dengan

$Re$  = Bilangan Reynolds

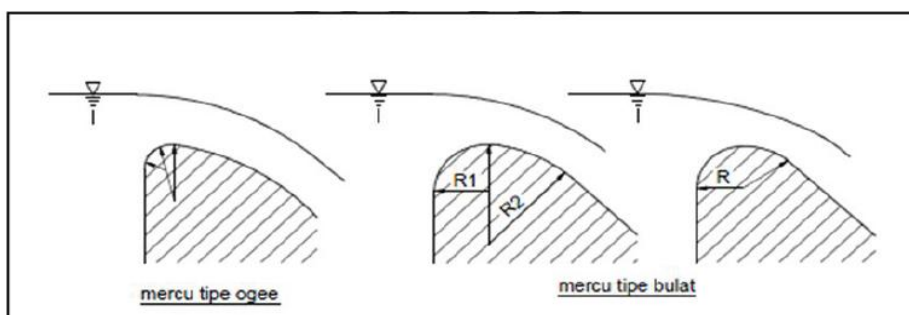
$V$  = kecepatan (m/dt)

$R$  = jari-jari hidrolis (m)

$\nu$  = kekentalan kinematik ( $\text{cm}^2/\text{dt}$ )

### 3. Mercu Pelimpah

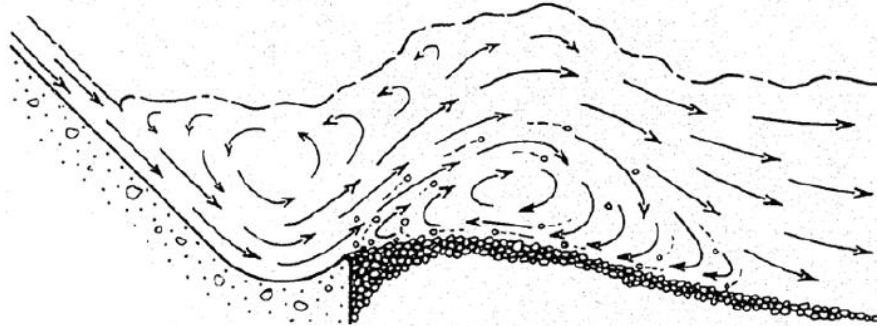
Bendung atau pelimpah adalah suatu bangunan air yang dibangun melintang sungai untuk meninggikan muka air sungai dan atau membendung aliran sungai sehingga aliran sungai bisa disadap dan dialirkan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkannya (KP 02 Standar Perencanaan Irigasi). Sedangkan mercu adalah bagian paling atas pelimpah, yang berinteraksi langsung dengan air yang melimpas. Sehingga bentuk mercu menentukan karakteristik aliran yang terjadi di hilir. Di Indonesia umumnya menggunakan dua tipe mercu pelimpah untuk bendung yaitu tipe Ogee dan tipe Bulat.



#### 4. Kolam Olak Tipe *Roller Bucket*

Peredam energi (*energy dissipator*) atau kolam olak (*stilling basin*) adalah struktur dari bangunan di hilir tubuh bendung yang terdiri dari beberapa tipe dan bentuk, di kanan dan kirinya dibatasi oleh tembok pangkal bendung dilanjutkan dengan tembok sayap hilir dengan bentuk tertentu (Desain Hidrolik Bendung Tetap, 2002).

Fungsi dari bangunan ini adalah untuk meredam energi air akibat loncatan air agar air di bagian hilir bendung tidak menimbulkan pergerusan setempat yang membahayakan struktur.



Gambar 2. Pusaran Air pada Kolam Olak Tipe *Solid Roller Bucket* ( A. J. Pererka, 1974)

#### 5. Loncatan Air

Loncatan air terjadi akibat adanya perubahan aliran dari superkritis menjadi subkritis. Umumnya loncatan air terjadi pada saat air keluar dari suatu pelimpah atau pintu air. Panjang loncatan dapat didefinisikan sebagai jarak antara permukaan depan loncatan air/hidroliks sampai dengan suatu titik pada permukaan gelombang ombak yang segera menuju hilir. Panjang loncatan sulit ditentukan secara teoritis, tetapi telah banyak diselidiki dengan cara percobaan di laboratorium.

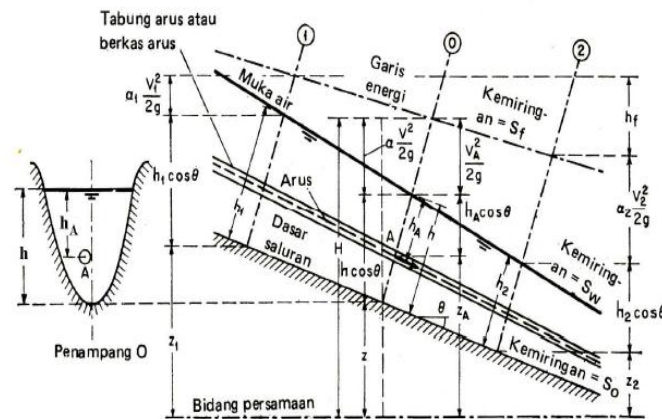
#### 6. Energi Spesifik

Energi spesifik dalam suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi air setiap kilogram gaya (kgf) pada setiap penampang saluran (m), diperhitungkan terhadap dasar saluran (Chow, 1992).

$$E_s = h \cdot \cos \theta + \alpha \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

dengan :

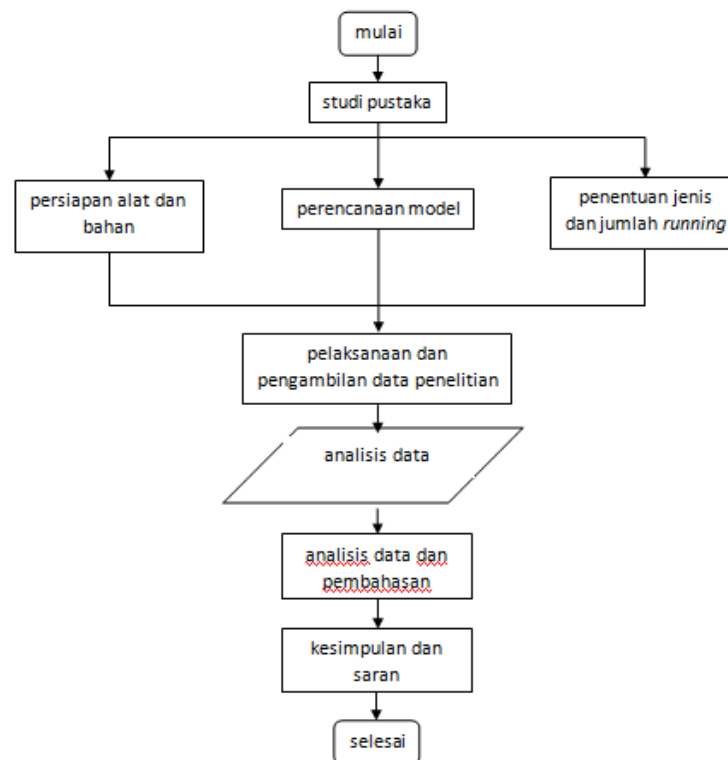
- $E_s$  = energi spesifik (m)
- $h$  = kedalaman (m)
- $\theta$  = sudut kemiringan dasar saluran (°)
- $v$  = kecepatan aliran
- $g$  = percepatan gaya tarik bumi (9,8 m/s<sup>2</sup>)



Gambar 3. Energi dalam Aliran Saluran Terbuka Berubah Beraturan (Chow, 1992)

### Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Hidraulika Teknik Sipil. Menggunakan *Recirculating-Flume* dengan dimensi  $30 \times 60 \times 1000$  cm, dengan kemiringan dasar 0,0058. Menggunakan pelimpah mercu Ogee dengan kemiringan hilir tubuh bendung 1:4, 2:4, 3:4, dan 4:4, dan menggunakan kolam olak tipe *Solid Roller Bucket* dan peredam *baffle-blocks* ukuran 5/12 R (R= Radius lengkung kolam olak). Penelitian ini dilakukan dengan 64 *running*, yaitu 16 perlakuan (kemiringan hilir tubuh bendung dan penempatan *baffle blocks*) dengan menggunakan 4 variasi debit ( $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$  dan  $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ). Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada bagan alir berikut ini.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

Sebelum melakukan percobaan/*running*, terlebih dahulu pelimpah/bendung tipe Ogee, kolam olak tipe *solid roller bucket* dan *baffle block* di desain terlebih dahulu. Adapun desainnya sebagai berikut.

### 1. Perencanaan Model Pelimpah dan Kolam Olak Solid Roller Bucket

Bangunan pelimpah didesain dengan tipe mercu Ogee dengan analisis diperoleh  $C_d = 2,18$  dan direncanakan dengan debit ( $Q$ ) yang maksimum agar mendapatkan variasi debit aliran yang beragam.

Kolam olak didesain dengan tipe *Solid Roller Bucket* dengan jari-jari lengkung :

Radius Lengkung ( $R_{min}$ ) :

$$\frac{R_{min}}{h_c} = 1.55 ; \text{ untuk } \frac{h_d}{h_c} \leq 2 \quad (3)$$

$$\frac{h_d}{h_c} = 1.2631 ; 1.2631 \leq 2 \quad (4)$$

$$R_{min} = 1.55 \times 0.0305 = 0.0472 \approx 0.055$$

Dan kedalaman Air Minimum ( $T_{min}$ ) =

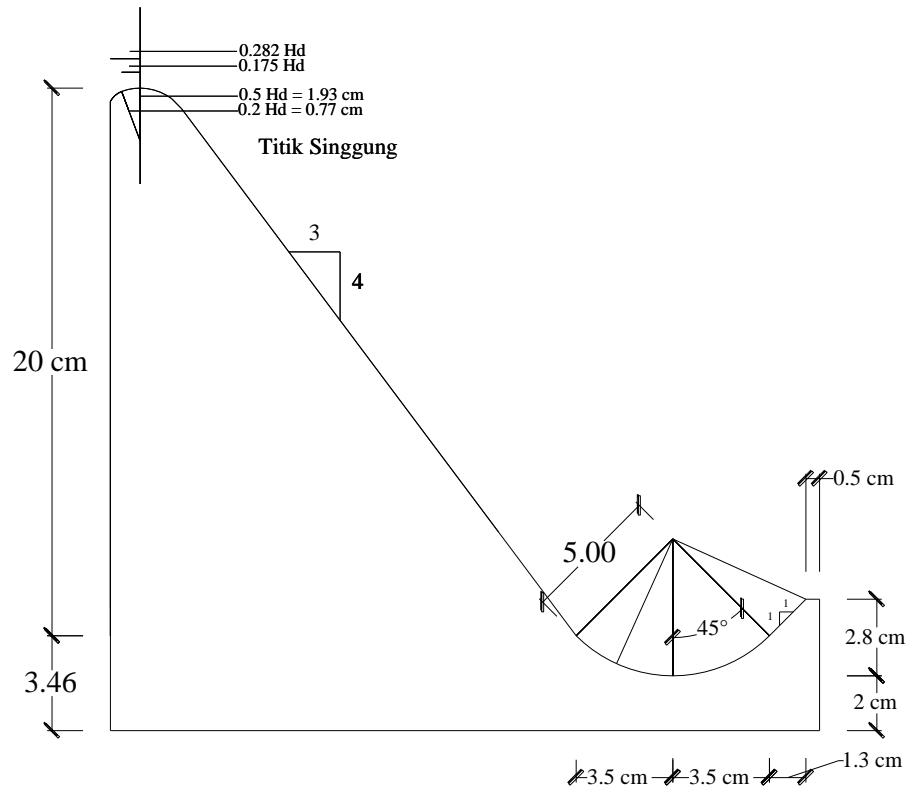
$$\frac{T_{min}}{h_c} = 1.88 \left( \frac{h_d}{h_c} \right)^{0.215} \quad (5)$$

$$T_{min} = 1.88 \left( \frac{0.0385}{0.0302} \right)^{0.215} \cdot 0.0305 = 0.0603 \text{ m}$$

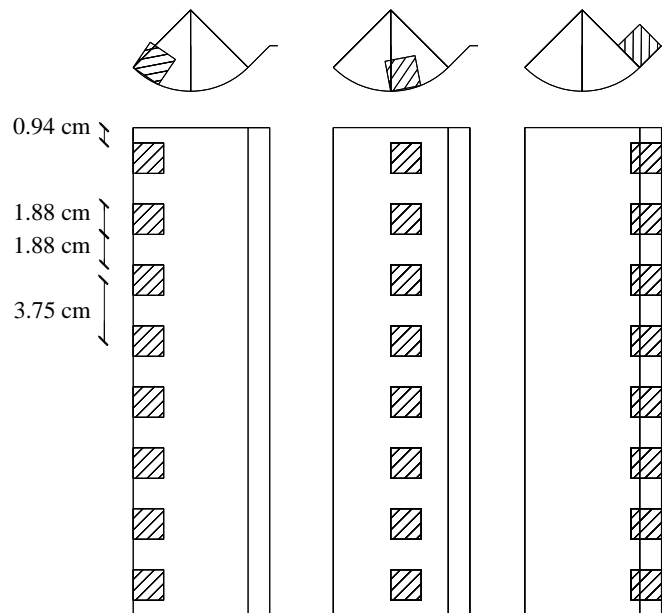
### 2. Perencanaan Baffle Blocks

Perencanaan dimensi *baffle blocks* didasarkan atas besarnya radius lengkung bucket ( $R$ ). *Baffle Blocks* terbuat dari bahan kayu berbentuk persegi empat berdimensi  $5/12 R$  (2cm). Bentuk *baffle blocks* adalah berupa kotak kubus.

Adapun Gambar hasil perencanaan model sebagai berikut.



Gambar 5. Pelimpah ogee (kemiringan hilir 3:4) dengan kolam olak tipe *solid roller bucket*



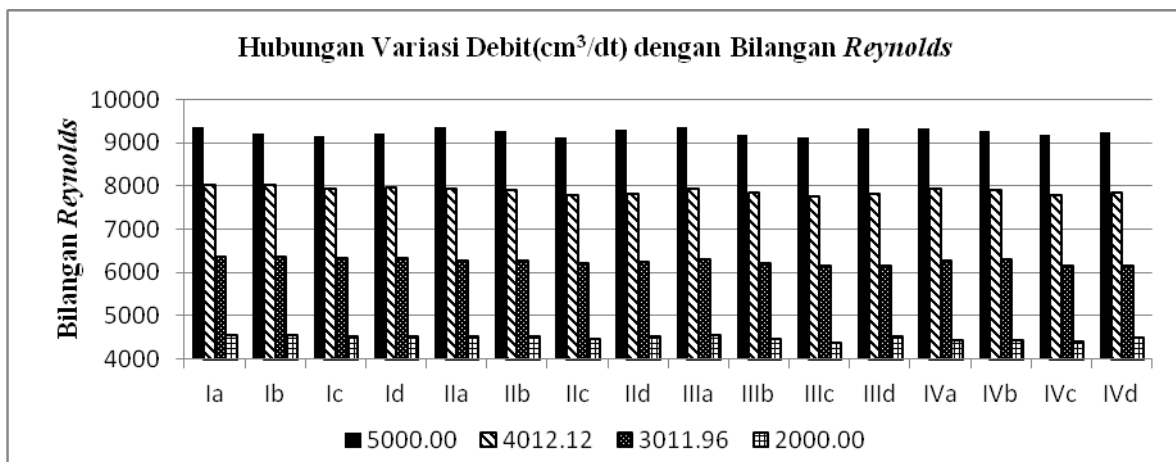
Gambar 6. Variasi susunan *baffle blocks* (seri a,b dan c)

**Hasil Analisis dan Pembahasan**

Penelitian dilakukan dengan mengalirkan air pada *open flume* melewati pelimpah Ogee dengan 4 variasi debit ( $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$  dan  $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ) menggunakan pompa air, dilakukan pada 16 seri *baffle blocks*. Hasil analisis meliputi :

### 1. Bilangan *Reynolds* dengan variasi debit

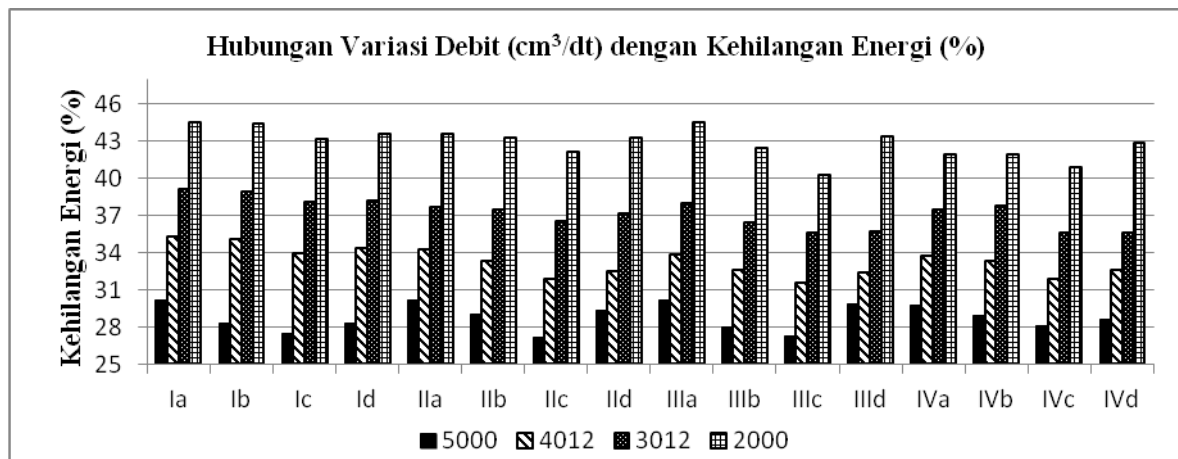
Gambar 7. menunjukkan hubungan antara variasi debit dengan Bilangan *Reynolds*. Aliran pada saluran terbuka adalah laminar pada bila Bilangan *Reynolds* ( $Re$ )  $< 500$ , turbulen bila  $Re > 2000$  dan diantara  $500 - 2000$  adalah transisi/ peralihan. Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa semua aliran yang terjadi pada semua perlakuan adalah turbulen, karena memiliki nilai  $Re > 2000$ . Dari gambar juga terlihat semakin bertambahnya debit aliran, Bilangan *Reynolds* di hilir pusaran semakin besar, hal ini berbanding lurus (hubungan variasi debit dengan kecepatan di hilir pusaran) dimana *baffle blocks* yang dipasang pada tengah radius lengkung (seri Ic, Iic, IIIc dan seri IVc) adalah susunan paling efektif. Masih dengan variasi debit yang sama dari tiap variasi kemiringan hilir bendung tidak terjadi perbedaan yang signifikan terhadap besarnya Bilangan *Reynolds*.



Gambar 7. Hubungan variasi debit dengan bilangan *Reynolds*

### 2. Kehilangan energi dengan variasi debit

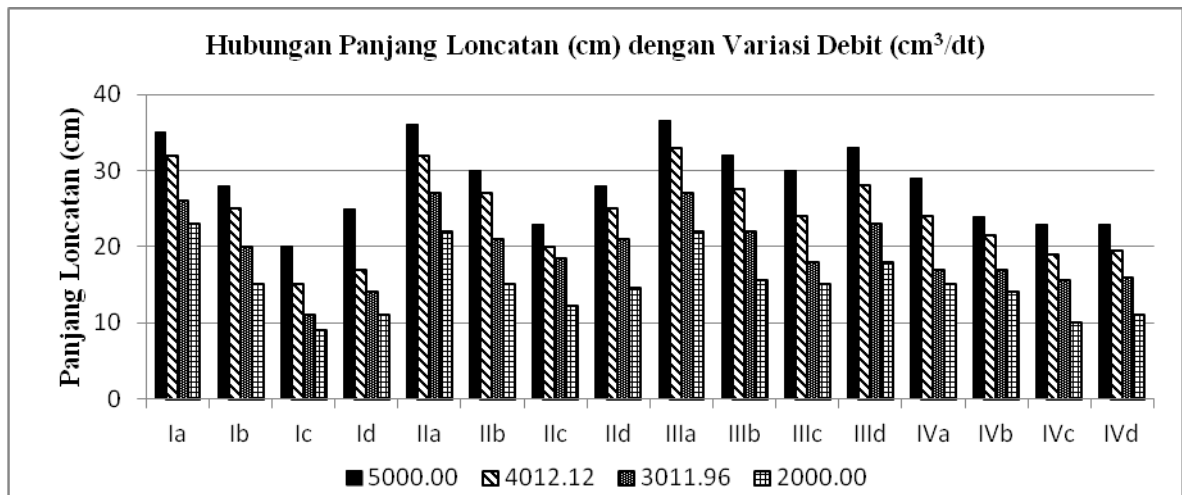
Kehilangan energi adalah hasil dari perhitungan energi spesifik aliran awal dikurangi dengan energi spesifik pada akhir olakan. Pada Gambar 8 menunjukkan hubungan antara variasi debit dengan besaran prosentase efisiensi kehilangan energi. Prosentase efisiensi kehilangan energi adalah besarnya kehilangan energi yang dapat diredam pada suatu aliran dalam prosentase, dihitung hasil dari kehilangan energi dibagi dengan energi awal kemudian dikalikan 100%. Pada Gambar 8, terlihat prosentase efisiensi kehilangan energi bertambah seiring berkurangnya variasi debit aliran. Prosentase efisiensi kehilangan energi terbesar terjadi pada seri Ia, Ila, IIIa dan seri IVa dimana kolam olak tidak dilengkapi *baffle blocks*. Analisis tersebut berlaku untuk semua variasi kemiringan tubuh hilir bendung.



Gambar 8. Hubungan variasi debit dengan efisiensi kehilangan energi

### 3. Panjang pusaran (loncatan hidraulik) dengan variasi debit

Panjang pusaran/loncatan hidraulik ( $L_j$ ) diukur dari pusat jari-jari bendung ( $R$ ) ke titik terjauh dari olakan. Dari grafik pada Gambar 9 terlihat semakin bertambahnya debit aliran, panjang loncatan/pusaran semakin besar. Analisis tersebut berlaku untuk semua variasi debit dan kemiringan tubuh hilir yang terjadi. Pada Gambar 9, terlihat bahwa *baffle blocks* sangat efektif dalam meredam panjang pusaran dan terlihat pula susunan *baffle blocks* yang paling efektif terjadi pada susunan yang terletak pada tengah lengkung kolam olak yaitu pada seri Ic, Iic, IIIc dan seri IVc.



Gambar 9. Hubungan variasi debit dengan panjang pusaran

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian serta hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin bertambahnya debit aliran, maka semakin besar turbulensi dan panjang loncatan hidrolis di hilir pusaran serta semakin kecil nilai kehilangan energinya.
2. Bilangan *Reynolds* terbesar terjadi pada debit  $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$  diseri Ia, Ila dan IIIa yaitu sebesar 9363,300 yaitu terjadi pada kolam olak tanpa *baffle blocks* dan Bilangan *Reynolds* terkecil terjadi pada kolam olak yang dipasang *baffle blocks* pada tengah radius lengkung yaitu pada debit  $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$  diseri IIIc sebesar 4355,02. Hal ini menunjukkan bahwa *baffle blocks* sangat berpengaruh dalam meredam turbulensi aliran.
3. Untuk meredam panjang pusaran *baffle blocks* yang dipasang pada tengah radius lengkung yaitu pada seri Ic, Iic, IIIc dan seri IVc yang merupakan susunan *baffle blocks* paling efisien. Panjang pusaran terpendek terjadi pada seri Ic dengan debit  $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$  yaitu sepanjang 9 cm.
4. Efisiensi kehilangan energi bertambah seiring berkurangnya variasi debit, susunan *baffle blocks* yang diletakkan pada awal radius lengkung adalah yang paling efektif dalam meredam energi. Efisiensi kehilangan energi di hilir pusaran terbesar terjadi pada debit  $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$  diseri Ia sebesar 44,59 % dan terkecil terjadi pada debit  $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$  diseri Iic sebesar 27,20 %.
5. Dengan debit aliran yang sama dari variasi kemiringan tubuh hilir bendung tidak terjadi perbedaan yang signifikan terhadap turbulensi aliran dan kehilangan energi kecuali pada panjang loncatan hidrolis, yaitu kemiringan 4:4 yang paling efektif.

### Saran

Saran yang bisa diberikan dengan hasil penelitian ini adalah :

1. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan penelitian mengenai gerusan di hilir pusaran.
2. Untuk penelitian lebih lanjut dapat juga dilakukan dengan variasi bentuk *baffle blocks* yang lebih beragam.
3. Diperlukan peningkatan kapasitas debit pompa, agar variasi debit yang digunakan lebih beragam dan jarak interval debit bisa lebih besar.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM-UMS yang telah membantu dana pada penelitian kolaborasi ini, juga tidak lupa ucapan terima kasih kepada saudara Joko, ST selaku laborat Hidraulika Teknik Sipil, dan terima



kasih kepada alumnus Pembra J. Adipura dan Ardian P. wicaksana sebagai anggota penelitian kolaborasi yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Abdurrosyid, Jaji (2007), "Pengendalian Gerusan Pada Bendung Dengan Kolam Olak Tipe USBR", Laporan Penelitian Hibah Research Grant TPSD 2006-2007- Dirjen DIKTI, DEPDIKBUD. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Agnes, (1999), "Pengaruh Tataletak Baffle Block Pada Kolam Olakan USBR tipe IV Lantai Miring," Skripsi (Tidak diterbitkan) Universitas Sebelas Maret (UNS), Surakarta.
- Anonim, (2001), Pedoman Penyusunan "Laporan Tugas Akhir", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Anonim, (1986), *Standar Perencanaan Irigasi*, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Chow, V.T., (1992), *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Irawan, Jati, (2011), *Pengaruh Variasi Kemiringan pada Tubuh Hulu Bendung dan Penggunaan Kolam Olak Tipe Solid Roller Bucket terhadap Loncat Air dan Gerusan Setempat*, Skripsi (tidak diterbitkan), Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Module 4 Hydraulic Structures for Flow Diversion and Storage. <http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT%20Kharagpur/Water%20Resource%20Engg/pdf/m4108.pdf>, 23 April 2013.
- Peterka, A.J., (1974), *Hydraulics Design Of Stilling Basin And Energy Dissipaters*, United States Department Of Interior, Bureau Of Reclamation, Denver, Colorado.
- Raju, Ranga, (1986), "Aliran Saluran Terbuka", Terj. Yan Pieter P., Pen. Erlangga, Jakarta.
- Tauvan, A.P., (2009). *Kajian Peredam Energi Pada Kolam OLak Tipe Solid Roller Bucket Dengan Baffle Bolcks Bentuk Kotak*, Skripsi (tidak diterbitkan), Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Triatmodjo, B., (1995). *Hidrolika II*, Beta Offset, Yogyakarta.