

**PENGARUH PENEMPATAN *BAFFLE BLOCKS* TIPE V TERHADAP
REDUKSI PANJANG LONCATAN AIR DAN ENERGI ALIRAN PADA
PENGALIR BENDUNG TIPE *OGEE***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

GADANG BUDIARSYAD

D 100 120 068

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PENEMPATAN BAFFLE BLOCKS TIPE V TERHADAP
REDUKSI PANJANG LONCATAN AIR DAN ENERGI ALIRAN PADA
PENGALIR BENDUNG TIPE OGEE**

PUBLIKASI ILMIAH

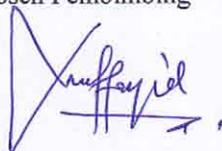
oleh:

GADANG BUDIARSYAD

D 100 120 068

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Jaji Abdurrosvid, MT.

NIK. 691

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH PENEMPATAN BAFFLE BLOCKS TIPE V TERHADAP
REDUKSI PANJANG LONCATAN AIR DAN ENERGI ALIRAN PADA
PENGALIR BENDUNG TIPE OGEE**

OLEH

GADANG BUDIARSYAD

D 100 120 068

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil

Universitas Muhammdiyah Surakarta

Pada hari Sabtu, 5 Mei 2018

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

1. Jaji Abdurrosyid, MT.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Achmad Karim Fatchan, M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Hermono S.B., Meng.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,


Ir. Sri Sunardjono, M.T., PhD.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 08 Agustus 2018
Penulis



GADANG BUDIARSYAD
D1200120068

PENGARUH PENEMPATAN BAFFLE BLOCKS TIPE V TERHADAP REDUKSI PANJANG LONCATAN AIR DAN ENERGI ALIRAN PADA PENGALIR BENDUNG TIPE OGEE

Abstrak

Air adalah salah satu kebutuhan hidup yang utama untuk makhluk hidup di bumi ini. Terkadang ketersediaan air dengan kebutuhan air tidak sama secara ruang dan waktu, sehingga diperlukan cara pemanfaatan air. Salah satu cara untuk memanfaatkan air adalah bangunan bendung. Peninggian muka air yang disebabkan oleh pembendungan mengakibatkan adanya aliran deras (superkritis) di bagian hilir bendung dan akan menimbulkan terjadinya loncatan air (*hydraulic jump*). Efek dari loncatan air ini adalah masih tetap menggerus dasar sungai di hilir bendung. Untuk meredam gerusan di hilir *stilling basin*, maka dipasang *baffle blocks* di kolam olak. Tujuan dari penelitian ini untuk menguji unjuk kerja bendung dengan pelimpah *ogee*. Pengujian lain adalah untuk menguji efektifitas *baffle blocks* tipe V di dalam mereduksi energi aliran, panjang loncatan air serta turbulensi aliran dibanding dengan *baffle blocks* tipe setengah silinder. Percobaan dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini menggunakan alat *flume* dengan ukuran 30 cm × 60 cm × 1000 cm, kemiringan dasar saluran 0,0058. Mercu bendung menggunakan tipe *ogee*. Kolam olak menggunakan tipe USBR-II dengan menggunakan dua variasi sudut *baffle blocks*. Penelitian dilakukan dengan 4 seri, masing-masing seri dilakukan dengan lima variasi debit, sehingga total *running* yang dilakukan sebanyak 35 *running*. Pada setiap debitnya dilakukan pengujian panjang loncat air dan kehilangan energi. Hasil penelitian menunjukkan beberapa kesimpulan. Pertama, susunan *baffle blocks* yang paling baik untuk meredam energi aliran adalah *baffle blocks* dengan sudut 75° yang diletakkan pada awal kolam olak (seri A75.V). kedua, posisi *baffle blocks* yang paling efektif untuk mereduksi panjang loncat air adalah *baffle blocks* dengan sudut 75° yang diletakkan dengan posisi zig-zag pada kolam olak (seri Z75.V) dengan persentase unjuk kerja sebesar 29,82%. Ketiga, unjuk kerja dari bentuk dan posisi *baffle blocks* yang paling efektif meredam turbulensi di hilir pusran adalah *baffle blocks* dengan sudut 75° yang diletakkan dengan posisi zig-zag pada kolam olak (seri Z75.V). Keempat, perbandingan rumus yang digunakan antara rumus dari Bambang Triatmojo dan juga dari buku Kriteria Perencanaan Irigasi 1 dengan grafik USBR-II tidak memiliki perbedaan secara signifikan, perbedaan yang cukup terlihat hanya pada panjang loncatan air pada kedua rumus saja. Terakhir kelima, diperolehnya angka *Froude Number* 12,28 pada debit paling rendah dan pada penataan *baffle blocks* paling efektif membuktikan penggunaan USBR-II sudah tepat untuk percobaan kali ini, mengingat penggunaan USBR-II minimal nilai *Froude Number*-nya adalah 4,5.

Kata kunci: pelimpah *ogee*, sudut *baffle blocks*, peredam energi.

Abstract

Water is one of the primary necessities for living beings on earth. Sometimes the availability of water with water needs is not the same in space and time, so it needs a way of utilizing water. One way to utilize water is a weir buildingm. The water level rise caused by the dam causes the flow of super critical in the downstream of the weir and will lead to water jump (hydraulic jump). The effect of this water jump is still to erode the

bottom of the river downstream of the weir. To reduce the scouring downstream of stilling basin, then installed baffle blocks in stilling basin. The purpose of this study was to examine the performance of weirs with ogee spill. Another test is to test the effectiveness of type V baffle blocks in reducing flow energy, water jump length and flow turbulence compared with half-cylinder block baffles. Experiments in this study were conducted at the Hydraulics Laboratory of Civil Engineering Study Program Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of Surakarta. This research uses flume tool with size 30 cm × 60 cm × 1000 cm, slope base 0,0058 channel. Dam using ogee type. The stilling basin uses a USBR-II type using two variations of baffle blocks. The study was conducted with 4 series, each series was done with five variations of debit, so the total running done as many as 35 running. At each discharge is done testing the length of water jump and energy loss. The results show some conclusions. First, the best baffle block arrangement to absorb flow energy is baffle blocks with 75 ° angle placed at the beginning of the stilling basin (series A75.V). second, the most effective baffle blocks position to reduce water jump length is baffle blocks with 75 ° angle placed with zig-zag position on stilling basin (series Z75.V) with performance percentage of 29.82%. Third, the performance of the most effective baffle block shape and position reduces turbulence downstream of the vortex is baffe blocks with a 75 ° angle placed in zigzag position at stilling basin (series Z75.V). Fourth, the comparison of the formula used between the formula of Bambang Triatmojo and also from the book *Criteria of Planning Irrigation 1* with the USBR-II graph does not have a significant difference, the difference is quite visible only at the length of water jump in the two formulas only. The last fifth is Froude Number 12.28 at the lowest discharge and on the most effective baffle blocks arrangement proves that USBR-II usage is correct for this experiment, considering the use of USBR-II at least Froude Number value is 4.5.

Keywords: spillway ogee, baffle blocks angle, energy reduced.

1. PENDAHULUAN

Air adalah salah satu kebutuhan hidup yang utama untuk makhluk hidup di bumi ini. Terkadang ketersediaan air dengan kebutuhan air tidak sama secara ruang dan waktu, sehingga diperlukan cara pemanfaatan air. Salah satu cara untuk memanfaatkan air adalah bangunan bendung. Peninggian muka air yang disebabkan oleh pembendungan mengakibatkan adanya aliran deras (superkritis) di bagian hilir bendung dan akan menimbulkan terjadinya loncatan air (*hydraulic jump*). Efek dari loncatan air ini adalah masih tetap menggerus dasar sungai di hilir bendung. Untuk meredam gerusan di hilir *stilling basin*, maka dipasang *baffle blocks* di kolam olak.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penempatan *baffle blocks* menggunakan tipe V terhadap reduksi, energi aliran air dan panjang loncatan air pada pelimpah bendung tipe *ogee*. Pengujian lain adalah untuk membandingkan rumus dari pengarang buku lain tentang loncatan air dengan hasil di lapangan, dan yang terakhir untuk mengontrol tipe kolam olak yang digunakan apakah sudah cocok dengan USBR-II. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan bendung terutama tipe *ogee* serta sebagai acuan penggunaan susunan *baffle blocks* tipe V manakah yang paling efektif dan ekonomis sebagai peredam energi.

Penelitian yang pernah dilakukan berkaitan dengan peredaman energi, loncatan air maupun turbulensi aliran pada kolam olakan adalah Lana (2016) melakukan penelitian pengaruh penempatan *baffle blocks* tipe miring pada bendung dengan pelimpah parabola dan pelimpah *ogee*

terhadap panjang loncat air dan kehilangan energi. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa *baffle blocks* tipe miring dengan sudut 75° pada pelimpah *ogee* adalah yang paling efektif dalam meredam turbulensi aliran dan panjang loncat air dihilir pusrasan dengan peresentase unjuk kerja 39,42%.

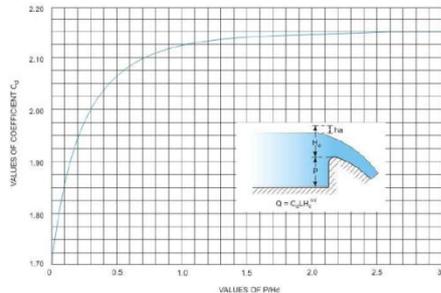
2. METODE

Dalam penelitian ini terdapat 5 perencanaan dalam melakukan percobaan. Perencanaan pertama adalah pembuatan model pelimpah. Bangunan pelimpah direncanakan dengan debit (Q) yang maksimum agar mendapat variasi debit aliran yang beragam. Berikut ini perhitungan perencanaan bangunan pelimpah dengan data-data debit maksimum (Q) = $0,005 \text{ m}^3/\text{dt}$; lebar saluran (b) = $0,3 \text{ m}$; tinggi pelimpah (P) = $0,27 \text{ m}$; dicoba $h_d = 0,0384 \text{ m}$, dihasilkan:

$$a. \text{ Kecepatan awal } V_0 = \frac{Q}{(p + h_d) \cdot b} = \frac{0,005}{(0,27 + 0,0383) \cdot 0,3} = 0,054057 \text{ m/dt} \quad (1)$$

$$b. \text{ Tinggi tekanan total } (h_c) = h_d + \frac{V_0^2}{2g} = 0,0383 + \frac{0,054057^2}{2 \cdot 9,81} = 0,038463 \text{ m} \quad (2)$$

c. Mencari koefisien C_D



Gambar 1. Grafik Koefisien Peluapan Mercu *Ogee* Hubungan antara p/h_d (*Hydraulic structures for Flow Diversion an Storage, Version 2 CE IIT-Kharangpur*) didapat $p/h_d = 6,25$ dan dari ekstrapolasi dengan persamaan $y = 0,016x + 2,102$ didapat nilai $C_D = 2,202$ maka kontrol debit (Q) adalah:

$$Q = C_D \times b \times h_c^{3/2} = 2,202 \times 0,3 \times 0,0383^{3/2} = 0,005 \text{ m}^3/\text{dt} \quad (3)$$

Perencanaan kedua adalah pembuatan kolam olak. Berikut ini perhitungan perencanaan *stilling basin* (kolam olak) USBR tipe II dengan data debit maksimum (Q) = $0,005 \text{ m}^3/\text{dt}$; lebar saluran (b) = $0,3 \text{ m}$; tinggi pelimpah (P) = $0,27 \text{ m}$; dicoba $h_d = 0,0383 \text{ m}$; $g = 9,81 \text{ m/dt}^2$; tebal kolam olak (s_1) = $0,017 \text{ m}$, dihasilkan:

$$a. v_1 = \sqrt{2g \times (0,5h_d + p - s_1)} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \times (0,5 \cdot 0,0383 + 0,27 - 0,017)} = 2,3108 \text{ m/dt} \quad (4)$$

$$b. d_1 = \frac{Q}{(b \times v_1)} = \frac{0,005}{(0,3 \times 2,3108)} = 0,01 \text{ m} \quad (5)$$

$$c. \text{ Bilangan Froude } = Fr = \frac{v_1}{\sqrt{g \times d_1}} = \frac{2,3108}{\sqrt{9,81 \times 0,01}} = 8,68 \quad (6)$$

d. Mencari L_j/d_2 = plotting gambar IV.8 didapat $p/h_d = 4,2$

$$e. d_2 = \frac{d_1}{2} \times \left(\sqrt{1 + 8 \cdot Fr^2} \right) - 1 = \frac{0,01}{2} \times \left(\sqrt{1 + 8 \cdot 8,6872^2} \right) - 1 = 0,1 \text{ m} \quad (7)$$

$$f. \text{ Panjang kolam olak } (L_j) = L_j/d_2 \times d_2 = 4,2 \times 0,1 = 0,35 \text{ cm} \quad (8)$$

Perencanaan terakhir adalah pembuatan *baffle blocks*. *Baffle blocks* terbuat dari bahan kayu berbentuk kotak jajar genjang berdimensi $2\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ dengan kemiringan sudut 90° dan 75° dengan empat variasi susunan perletakkan *baffle blocks*, yaitu variasi a (tanpa *baffle blocks*), variasi b (awal radius olakan), variasi c (tengah radius olakan) dan variasi d (pemasangan zig-zag).

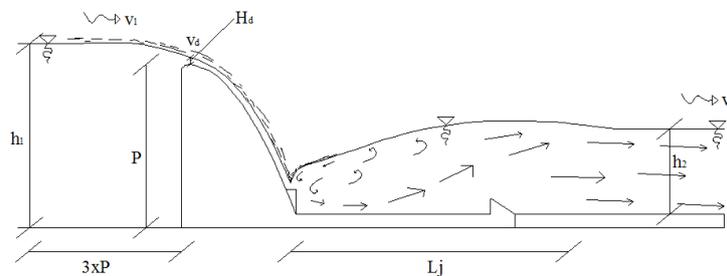
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

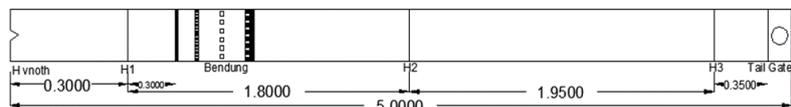
Pengukuran debit pada pelimpah dilakukan dengan mengalirkan air melewati *flume* dengan lima variasi debit dari $1500\text{ cm}^3/\text{dt}$ sampai $5000\text{ cm}^3/\text{dt}$ dan diatur dengan membuka kran pengatur debit pada pompa air. Hasil analisis meliputi:

3.1.1 Analisis Kecepatan Aliran dengan Variasi Debit

Kecepatan aliran di hulu bendung dihitung sejauh ($3x$ tinggi bendung) yang selanjutnya disebut h_1 , h_d adalah pengaliran di atas bendung, sedangkan h_2 adalah kedalaman air di hilir kolam olak setelah terjadi pusaran air. Penjelasan secara rinci lokasi pengamatan kedalaman aliran disajikan pada gambar berikut ini.

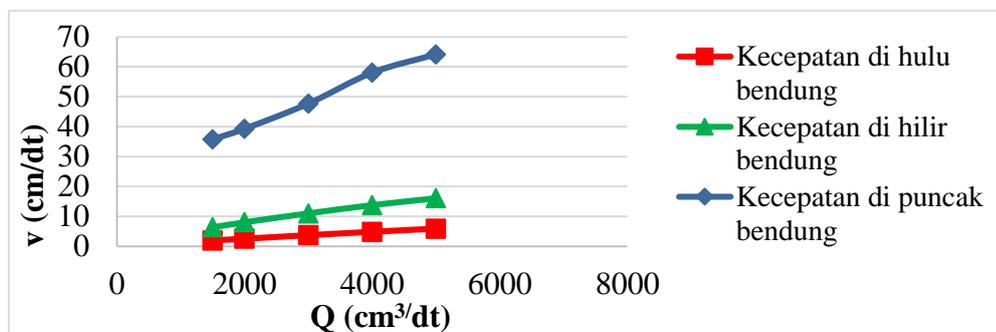


Gambar 2. Letak Kecepatan di Hulu Bendung (v_1), di Atas Bendung (v_d) di Hilir Kolam Olak (v_2)



Gambar 3. Gambar Flume dari Hulu (Kiri) ke Hilir (Kanan) Beserta Ukurannya

ketika debit aliran semakin besar maka kecepatan di hulu dan di puncak bendung juga semakin besar pula, begitu pula dengan kecepatan di hilir bendung, akan tetapi perbandingan selisih kecepatan di hilir tidak terlalu terpaut banyak perbedaan, seperti halnya dengan hulu karena terjadi pembendungan, hal ini dikarenakan panjang loncat air dapat meredam energi sehingga menahan laju kecepatan air pada hilir. Kecepatan air di hulu bendung, kecepatan air setelah pusaran dan kecepatan di puncak bendung disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara Variasi Debit Q (cm^3/dt) dengan Kecepatan Aliran v (m) pada Pengaliran Bendung tipe Parabola

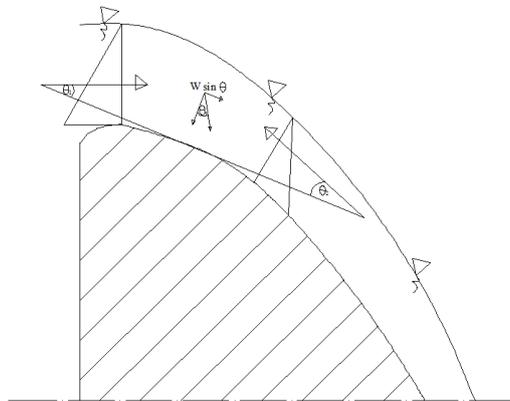
Rincian detail kecepatan aliran dan kedalaman muka air di tubuh bendung dilakukan dengan menerapkan persamaan konservasi momentum yang dikalibrasi dengan data pengukuran kedalaman di laboratorium. Kegunaan dari analisis ini adalah jika peneliti mengetahui kecepatan dan kedalaman aliran disuatu tempat di tubuh bendung yang akan dipasang *baffle blocks*, maka gaya yang ditahan oleh *baffle blocks* diketahui, dengan mengetahui besar gaya ini, maka posisi *baffle blocks* yang paling efektif untuk mereduksi panjang loncat air dan meredam energi didapatkan. Sesuai dengan hukum Newton II, yang menyatakan bahwa “jumlah gaya yang bekerja pada suatu volume kontrol sebanding dengan perubahan momentum yang terjadi”, maka konservasi momentum dapat dituliskan berikut ini.

$$F_1 - F_2 + W \cdot \sin \theta - \lambda \cdot A = \rho \cdot Q (v_2 \cos \theta_2 - v_1 \cos \theta_1) \quad (9)$$

$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot h_1^2 \cdot \gamma_w \cdot B \cdot \cos \theta_1 \qquad F_2 = \frac{1}{2} \cdot h_2^2 \cdot \gamma_w \cdot B \cdot \cos \theta_2$$

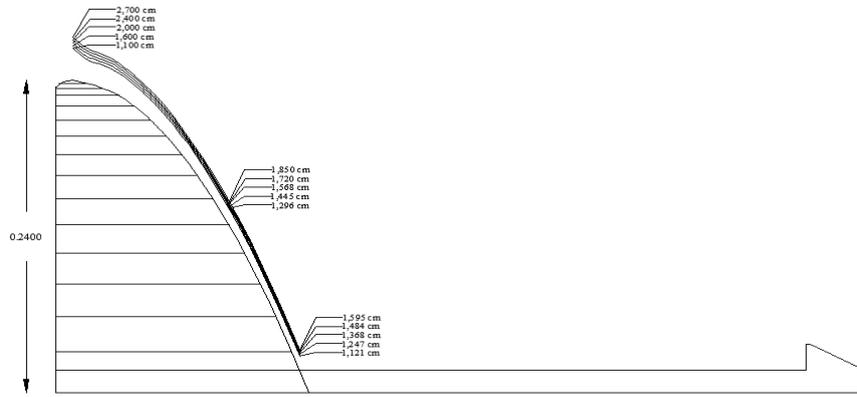
$$W \cdot \sin \theta = \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \cdot L \cdot B \cdot \sin \theta \qquad \lambda \cdot A = \rho \cdot g \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right) \cdot I_o \cdot (B \cdot h)$$

Selanjutnya cara perhitungan dilanjutkan dengan menentukan koordinat dari kemiringan bendung, menghitung tangen sudut dari masing-masing titik koordinat yang telah ditentukan, menentukan sudut awal (θ_1), sudut tengah (θ_t) dan sudut akhir (θ_2) dari setiap koordinat. Selanjutnya menentukan panjang busur punggung bendung dengan analisa matematis dan menganalisa nilai fungsi dari rumusan momentum untuk mendapatkan tinggi aliran (h_2 trial) yang meluncur pada kemiringan bendung. Penentuan h_2 trial dengan fungsi goal seek di MS. Excel 2013. Terakhir mengulangi langkah 1 s/d 5 dengan penggal saluran di punggung bendung. Setelah h_2 trial didapat selanjutnya digambar aliran air yang melewati kemiringan tubuh bendung. Kemudian dianalisis mengenai konservasi momentum.



Gambar 5. Tekanan pada Puncak Mercu Bendung

Profil aliran melalui bendung hasil iterasi dari persamaan konservasi momentum digambarkan pada Gambar 5. Profil muka air yang paling atas ke bawah menggambarkan profil muka air yang melintasi bendung dengan debit $5000 \text{ cm}^3/\text{dt}$ dan berturut-turut profil muka air di bawahnya. Sedangkan kecepatan aliran saat melintasi bendung di titik A (puncak bendung), B (sebelum permulaan lengkungan) dan C (awal kolam olak) disajikan pada Gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Profil Muka Air yang Melintasi Tubuh Bendung dengan Data Kedalaman Aliran h (cm) pada Pelimpah Parabola

Jika debit ($5000 \text{ cm}^3/\text{dt}$) terbagi merata menjadi 14 bagian, maka momentum yang menumbuk di titik B dan C (lihat Gambar 7) adalah:

$$\begin{aligned}
 M_B &= 1/14 \times \rho \times Q \times v & (10) \\
 &= 1/14 \times 1 \times 5000 \text{ cm}^3/\text{dt} \times 90,095 \text{ cm/dt} \\
 &= 32176,78 \text{ dyne}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_C &= 1/14 \times \rho \times Q \times v & (11) \\
 &= 1/14 \times 1 \times 5000 \text{ cm}^3/\text{dt} \times 104,495 \text{ cm/dt} \\
 &= 37319,64 \text{ dyne}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis di atas, didapatkan pemahaman bahwa momentum air yang menumbuk *baffle blocks* paling besar di titik C dan disusul di titik B. Jika momentum yang menumbuk pertama kali adalah sebesar di atas, belum tentu gaya yang ditahan oleh *baffle blocks* sama dengan momentum yang menumbuknya, tergantung koefisien drag (C_D) dari bentuk kemiringan dari *baffle blocks* tersebut.

Gaya tumbukan air yang ditahan oleh *baffle blocks* dipengaruhi oleh 3 hal, yaitu kecepatan air, luas bidang tumbuk dan koefisien drag. Ketika aliran air yang turun dari kaki bendung menumbuk *baffle blocks* tipe miring 75° maka besarnya gaya tumbukan yang ditahan oleh *baffle blocks* dipengaruhi oleh 3 hal tersebut. Secara matematis persamaan gaya drag yang ditahan oleh *baffle blocks* adalah sebagai berikut ini.

$$F_D = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot C_D$$

Dengan

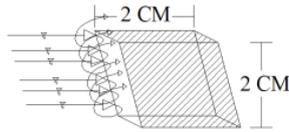
F_D = gaya drag (N,kgf)

C_D = koefisien drag

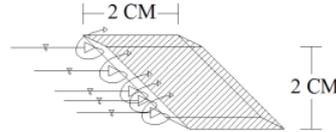
A = luas bidang tumbuk yang tertumbuk oleh air

Pada kajian ini, koefisien drag (C_D) belum dapat ditentukan, hal ini karena adanya kompleksitas dari bentuk kolam olak dan ada sparasi aliran di kolam olak tersebut.

Pola tumbukan aliran dengan *baffle blocks* digambarkan berikut ini:

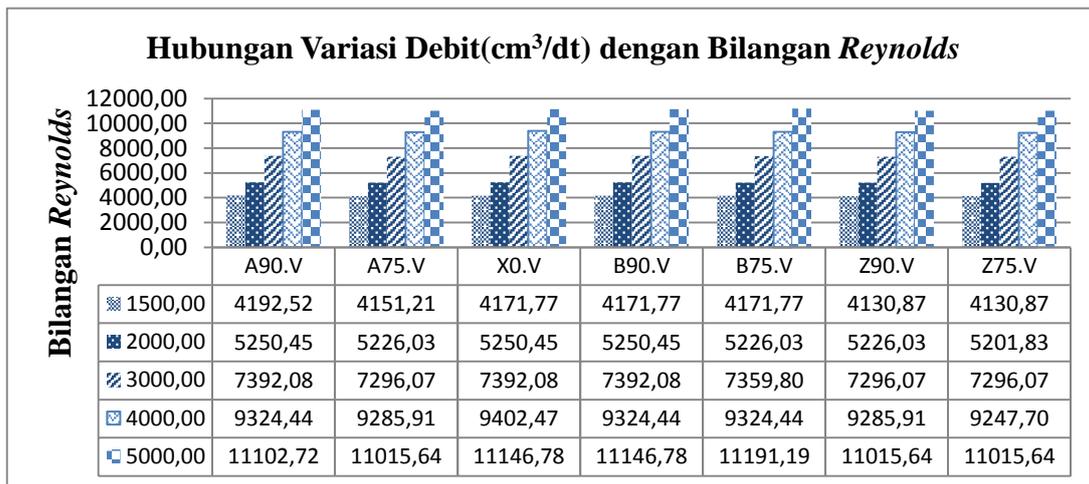


Gambar 7. Arah Aliran pada *Baffle Blocks* sudut 90°



Gambar 8. Arah Aliran pada *Baffle Blocks* sudut 75°

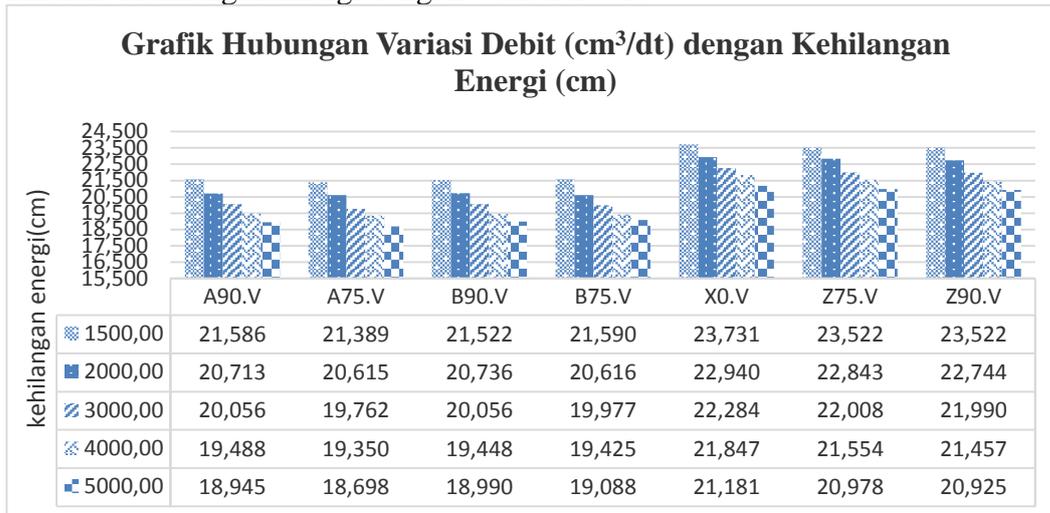
3.1.2 Analisis Bilangan *Reynolds* dengan Variasi Debit



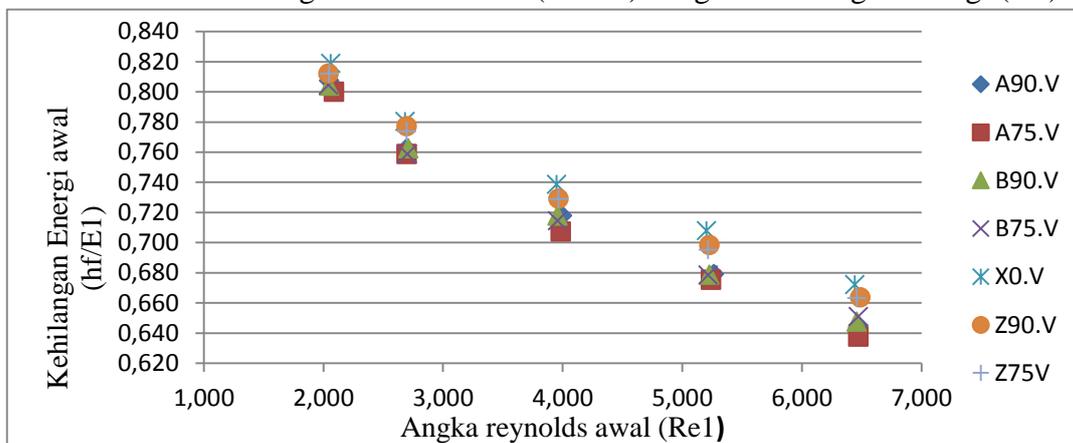
Gambar 9. Hubungan Variasi Debit (cm^3/dt) dengan Bilangan *Reynolds*

Gambar 9 menunjukkan hubungan antara variasi debit dengan bilangan *Reynolds*. Aliran pada saluran terbuka adalah laminar pada bilangan *Reynolds* jika $(Re) < 500$, turbulensi jika $Re > 1000$ dan diantara $500 - 1000$ adalah transisi/peralihan. Gambar 11 menunjukkan bahwa semua aliran yang terjadi pada semua perlakuan adalah turbulen, karena memiliki nilai $Re > 1000$. Semakin besar kecepatan di hilir pusaran dengan debit aliran yang tetap maka akan semakin besar pula bilangan *Reynolds*, karena kekentalan kinematik dianggap sama pada semua aliran. Gambar 9 menunjukkan rerata bilangan *Reynolds* untuk untuk A90.V = 7452,44 ; A75.V = 7394,97 ; X0.V = 7472,71 ; B90.V = 7457,10 ; B75.V = 7454,64 ; Z90.V = 7390,90 ; Z75.V = 7378,42. Oleh karena itu, penempatan dan sudut *baffle blocks* yang paling efektif meredam turbulensi di hilir pusaran adalah seri A90.V dengan sudut *baffle blocks* 90° yang diletakkan di awal kolam olak pada pelimpah *ogee*. Variasi debit yang sama dan setiap sudut maupun penempatan *baffle blocks*, besarnya Bilangan *Reynolds* mengalami perubahan yang tidak terlalu signifikan.

3.1.3 Analisis Kehilangan Energi dengan Variasi Debit



Gambar 10. Hubungan Variasi Debit (cm³/dt) dengan Kehilangan Energi (cm)

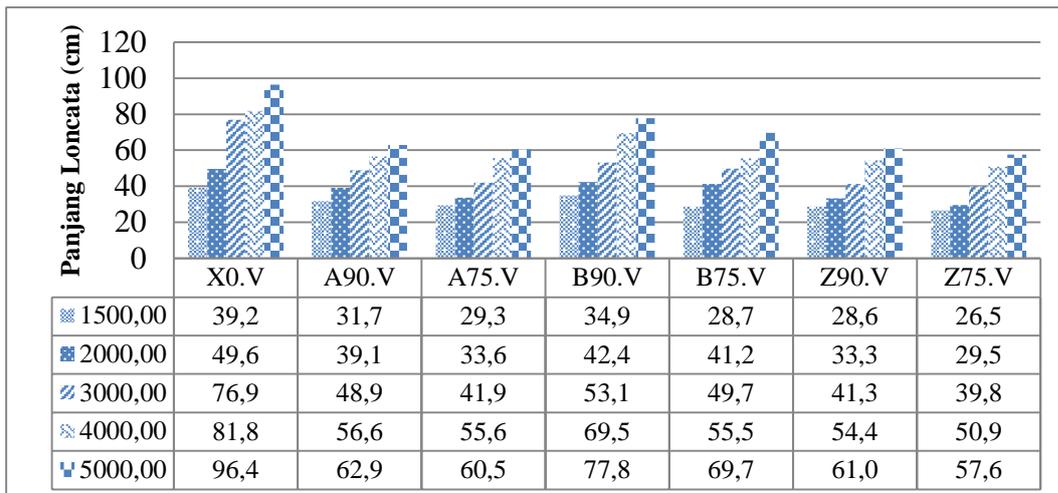


Gambar 11. Hubungan Perbandingan Kehilangan Energi terhadap Energi Awal (h_f/E_1) dengan Angka *Reynolds* Awal (Re_1) pada Pelimpah tipe *Ogee* dan Parabola

Gambar diatas menunjukkan hasil persentase rerata h_f/E_1 , maka penempatan dan sudut *baffle blocks* yang paling efektif meredam energi aliran adalah seri A75.V dengan sudut *baffle blocks* 75° yang diletakkan di awal kolam olak pada pelimpah parabola, yang berlaku untuk semua nilai debit. Penempatan *baffle blocks* di awal kolam olak bukan berarti di kaki bendung, akan tetapi sedikit di hilir kaki bendung (sejauh 8,75 cm di hilir kaki bendung).

Jika A (luas bidang tumbuk) untuk posisi *baffle blocks* yang sama akan menghasilkan luasan bidang tumbuk pada *baffle blocks* yang sama juga (dengan catatan kedalaman air kurang dari tinggi *baffle blocks*), maka perbandingan gaya drag aliran yang menumbuk hanya dipengaruhi oleh C_D dan kecepatan aliran. Sesuai persamaan momentum loncat air, maka adanya gaya drag ini akan sangat berpengaruh terhadap kedalaman air serta energi aliran setelah loncat air. Hasil percobaan di laboratorium didapatkan bahwa *baffle blocks* yang paling baik dalam meredam energi aliran adalah *baffle blocks* miring dengan sudut 75°

3.1.4 Analisis Panjang Loncat Air dengan Variasi Debit



Gambar 12. Hubungan Variasi Debit (cm^3/dt) dengan Panjang Loncat Air (cm)

Unjuk kerja dari bentuk dan posisi *baffle blocks* yang paling efektif untuk meredam energi aliran dan mereduksi panjang loncat air adalah dengan mensintesis unjuk kerja *baffle blocks* meredam energi, serta unjuk kerja mereduksi panjang loncat air. Kenyataan di lapangan kedua unjuk kerja tersebut berjalan beriringan, sehingga fungsi tujuan dari meredam energi aliran dan mereduksi panjang loncat air adalah dengan mengalikan unjuk kerja masing-masing dengan menghitungnya dari prosentase pengaliran tanpa *baffle blocks*. Unjuk kerja *baffle blocks* disajikan sebagai berikut ini.

Tabel 1. Koreksi Unjuk Kerja Loncat Air dengan Kehilangan Energi

No	Posisi <i>baffle block</i>	h_f terhadap E_1 (%)	Lj terhadap Lj tanpa <i>baffle block</i> (%)	Chek
1	X0.V	74,36%	0,00%	0,00%
2	A90.V	72,23%	30,44%	21,99%
3	A75.V	71,58%	35,77%	25,60%
4	B90.V	72,21%	19,25%	13,90%
5	B75.V	72,14%	28,82%	20,79%
6	Z90.V	73,61%	36,44%	26,82%
7	Z75.V	73,46%	40,59%	29,82%

Tabel di atas menunjukkan bahwa posisi *baffle blocks* yang efektif dari meredam energi aliran dan mereduksi panjang loncat air adalah seri Z75.V (dengan unjuk kerja 29,82%), yaitu pemasangan *baffle blocks* dengan posisi zig-zag pada kolam olak dengan sudut 75° pada pelimpah *ogee* dikarenakan kecepatan aliran yang menumbuk *baffle blocks* relatif besar (karena tekanan dari sparasi aliran tidak sebesar di pertengahan kolam olak).

3.2 Pembahasan

3.2.1 Analisis Panjang Loncat Air di Lapangan dengan Teoritis

Panjang loncatan air (L_j) diukur dari awal jatuhnya aliran air setelah melewati bendung ke titik terjauh dari olakan. Dalam hal ini penulis diminta untuk membandingkan antara panjang loncatan

air di lapangan dengan teoritis yang hasilnya ditentukan dengan cara pengamatan dengan panjang loncatan air teoritis yang hasilnya ditentukan dengan menggunakan rumus, hasil dari tabel yang diperoleh bisa dipergunakan untuk membandingkan seharusnya panjang loncatan itu terjadi sebagaimana mestinya, rumus yang digunakan oleh penulis dikutip dari buku Kriteria Perencanaan Irigasi 1 dari DPU, berikut rumus yang didapat dari buku tersebut:

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

diketahui:

L_j = panjang loncatan air

n = tinggi ujung bendung

y_2 = akhir panjang loncatan diluar bendung

Dan berikut adalah rumus kedua hasil pengamatan di lab dengan rumus dari Hidraulika II oleh Bambang Triatmodjo, yang diperoleh rumus sebagai berikut:

$$L_j = 6 (y_2 - y_1)$$

diketahui:

y_1 = kedalaman air saat terjun

y_2 = kedalaman air saat sudah tenang

Tabel 2. Perbandingan antara L_j lapangan dengan L_j teoritis

A90.V			Z75.V	
KP1 dengan Lap			Hidraulika II dengan Lap	
Q	L_j lap	L_j teoritis	L_j lap	L_j teoritis
1500	31,7	18,5	26,5	159
2000	39,1	55,5	29,5	177
3000	48,9	104,5	39,8	238,8
4000	56,6	143	50,9	305,4
5000	62,9	174,5	57,6	345,6

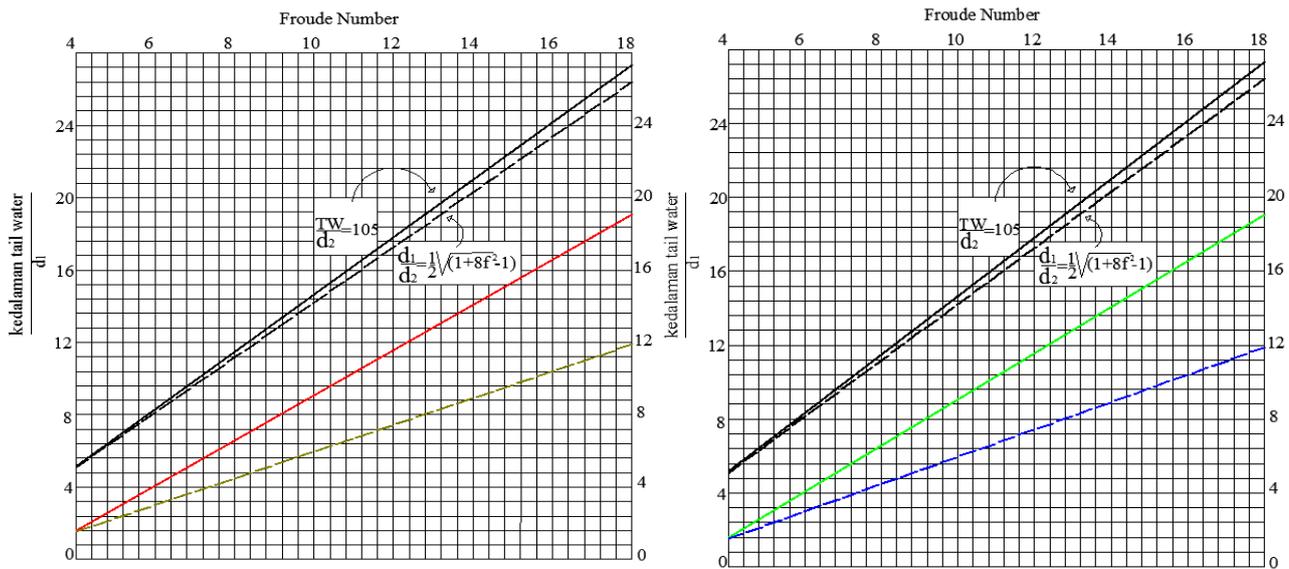
Dari tabel diatas penulis dapat menyimpulkan bahwa hasil dari L_j teoritis dari buku Hidraulika II memiliki perbedaan yang cukup jauh dibandingkan dari hasil pengamatan dan juga dari buku Kriteria Perencanaan Irigasi, dari ke-2 rumus yang digunakan penulis disimpulkan bahwa setiap rumus loncatan air baik dari buku Hidraulika II maupun Kriteria Perencanaan Irigasi 1 memiliki perbedaan yang cukup jauh dibandingkan dari hasil pengamatan di lapangan, dari ke-2 rumus yang sedikit mendekati ialah dari buku Kriteria Perencanaan Irigasi.

3.2.2 Perbandingan antara Rumus Teoritis dengan USBR-II

Setiap tipe USBR memiliki nilai minimum kedalaman loncatan air dan juga nilai kecepatan laju air yang digambarkan dalam grafik (*B*) *minimum tailwater depth* yang membandaingkan *froude number* dengan *tailwater* dengan kedalaman air saat terjun, garis ketetapan minimum *tailwater depth* digambarkan dengan 2 garis yang melambangkan 2 rumus, dari hasil percobaan akan dicari garis minimum *tailwater depth*-nya untuk mengetahui apakah dengan menggunakan USBR-II ini efektif atau lebih efektif menggunakan tipe USBR yang lainnya, berikut grafik dan juga gambar dari nilai minimal kedalaman olakan yang diperoleh dari buku *Small Dams* dari *united states department of the interior*:

Tabel 3. Tabel untuk pembuatan garis rumus KP1 dan BT dengan USBR-II

Z75.V						
d	d1	d2	d2/d1	y	x	f
1500	26,2	5,4	20,61069	1,48554	12,28	0,352556
2000	26,7	6,6	24,7191	1,85031	13,3	0,392653
3000	27,5	8,1	29,45455	2,338875	15,21	0,436653
4000	28,1	9,3	33,09609	2,743965	17,03	0,46931
5000	28,5	10,5	36,84211	3,142125	19,71	0,502074



Gambar 13 Perbandingan antara rumus KP1 dan Hidraulika II dengan USBR-II

Dari dua gambar grafik diatas menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan dari gambar grafik perbedaan antara rumus dari KP1 dengan Bambang Triatmodjo, hal ini mungkin juga karena dipengaruhi perbedaan rumus dari KP1 dengan BT tidaklah terlalu signifikan, perbedaan signifikan antara kedua rumus terlihat pada bagian loncatan air, faktor yang lain ada juga beberapa dari rumus diambil dari hasil uji dari laboratorium karena tidak adanya data yang dimiliki dari rumus yang diperoleh dari sumber terkait maka dari itu digunakan dari hasil perhitungan dari laboratorium. Jika dilihat dari kedua gambar grafik diatas percobaan yang dilakukan oleh penulis mendapatkan bilangan *Froude Number* diatas 4,5 seperti pada ketetapan pada grafik penggunaan USBR-II memiliki nilai minimal *Froude Number* 4,5, sedangkan nilai FR yang didapatkan dari uji laboratorium didapatkan pada penataan *baffle blocks* paling efektif dengan debit paling kecil yaitu 1500 didapatkan nilai FR 12,28, hal ini menunjukkan jika percobaan penulis di laboratorium sudah tepat jika menggunakan tipe kolam olak USBR-II.

4. PENUTUP

4.1 Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan beberapa kesimpulan. Pertama, susunan *baffle blocks* yang paling baik untuk meredam energi aliran berturut-turut adalah seri A75.V = 0,7158, B75.V = 0,7214, B90.V = 0,7221, A90.V = 0,7223, Z75.V = 0,7346, Z90.V = 0,7361 dan X0.V = 0,7436. Kedua, posisi *baffle blocks* yang paling efektif untuk mereduksi pajang loncat air berturut-turut adalah seri Z75.V (29,82%), Z90.V (26,82%), A75.V (25,60%), A90.V (21,99%), B75.V (20,79%) dan B90.V (13,90%). Ketiga, Unjuk kerja dari bentuk dan posisi *baffle blocks* yang paling efektif meredam

turbulensi di hilir pusan berturut-turut adalah seri Z75.V (7378,42), Z90.V (7390,90), A75.V (7394,97), A90.V (7452,44), B75.V (7454,64), B90.V (7457,10) dan X0.V (7472,71). Untuk perbandingan rumus antara Bambang Triatmodjo dan juga dari KP1 dengan grafik USBR-II tidak memiliki perbedaan, perbedaan yang cukup signifikan hanya terlihat pada panjang loncatan air antara kedua rumus saja. Diperolehnya angka *Froude Number* 12,28 pada debit paling rendah dan pada penataan *baffle block* paling efektif membuktikan penggunaan USBR-II sudah tepat untuk percobaan kali ini, mengingat penggunaan USBR-II minimal nilai *Froude Number*-nya adalah 4,5.

4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan variasi bentuk pelimpah pada bendung yang lebih beragam tidak hanya pelimpah *ogee* dan juga penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan penelitian mengenai gerusan di hilir pusan. Diperlukan peningkatan kapasitas debit pompa, agar variasi debit yang digunakan lebih beragam dan jarak interval debit bisa lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahaini. (1997). Hidrolika Saluran Terbuka. Surabaya: CV Citra Media.
- Anonim. (1986). Standar Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2014. *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>, IITM, Kharagpur, Diakses 5 Maret 2016.
- Aristya, Irwan. (2009). *Baffle Blocks* Bentuk Balok sebagai Peredam Energi pada Kolam Olakan Bendung Tipe USBR-II. Skripsi (tidak diterbitkan). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Chow, V.T. (1985). Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga.
- Irawan, J. (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). Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Mulyo, A.B. (2011). Pengaruh Penempatan *Baffle Blocks* Tipe Cekung Parabolik dan Setengah Lingkaran pada Bendung dengan Kolam Olak *Solid Roller Bucket* terhadap Panjang Loncat Air dan Kehilangan Energi. Skripsi (tidak diterbitkan). Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Nurrizal, D.S. (2015). Pengaruh Variasi Kemiringan pada Hulu Bendung dan Penggunaan Kolam Olak tipe *Slotted Roller Bucket* terhadap Loncatan Air dan Gerusan Setempat. Skripsi (tidak diterbitkan). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Pembra, J.A. (2013). Pengaruh Variasi Kemiringan Tubuh Hilir Bendung dan Penempatan *Baffle Blocks* pada Kolam Olak Tipe *Solid Roller Bucket* terhadap Loncatan Hidrolis dan Peredaman Energi. Skripsi (tidak diterbitkan). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Peterka, A.J. (1974). *Hydraulic Design of Stilling Basin And Energi Disipaters*. Colorado: United States Departement Of Interior, Bureau Of Reclamation, Denver.
- Sosrodarsono, S. (1989). Bendung Tipe Urugan. Dirjen Pengairan Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Jakarta: PT. Pradya Paramita.
- Streeter, Victor L., dkk. *Fluid Mechanic*. Jakarta: Erlangga.

Triatmodjo, B. 1995. Hidraulika II. Yogyakarta: Beta Offset.

Praja, TA – Abdurrosyid, Jaji. 2009. *A Spillway Structure with Stilling Basin Type Solid Roller Bucket and Baffle Blocks at Embung Wonosari*. Surakarta: Dinamika Teknik Sipil. Vol 1 no 1.

Abdurrosyid, Jaji. 2009. Kajian Proteksi Genangan di Hilir Kolam Olakan Bendung Tipe USBR-II. Surakarta: Dinamika Teknik Sipil. Vol 1 dan nomor 1.