

**PENGARUH PENEMPATAN BAFFLE BLOCKS TIPE SETENGAH
SILINDER 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:

FUAD AKBAR NUGROHO

D 100 120 071

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

HALAMAN PERSETUJUAN

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

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

FUAD AKBAR NUGROHO

D 100 120 071

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Jaji Abdurrosyid, MT.

NIK. 691

HALAMAN PENGESAHAN

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

OLEH

FUAD AKBAR NUGROHO

D 100 120 071

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



FUAD AKBAR NUGROHO
D1200120071

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

Abstrak

Curah hujan yang semakin meningkat berpengaruh kepada masyarakat di bantaran sungai. Pemanfaatan air dengan tetap menjaga kelestarian merupakan tindakan yang sangat diperlukan sekarang ini. Loncatan air merupakan perubahan aliran dari aliran deras (superkritis) di bagian hulu bendung dan akan menimbulkan terjadinya loncatan air (*hydraulic jump*). Peristiwa loncatan air terjadi di kolam olak (*stilling basin*) dan desain *stilling basin* harus tahan terhadap gaya-gaya hidraulik dan kecepatan air, sehingga tidak tergerus oleh peristiwa loncatan air. 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 penambahan dua variasi sudut *baffle blocks*. Hasil analisis menunjukkan beberapa kesimpulan. Pertama, susunan *baffle blocks* yang paling baik untuk meredam energi aliran adalah *baffle blocks* tipe miring dengan sudut 75° yang diletakkan pada awal kolam olak pada pelimpah *ogee* (seri Z75.U). Kedua, posisi *baffle blocks* yang paling efektif untuk mereduksi panjang loncat air adalah *baffle blocks* tipe miring dengan sudut 75° yang diletakkan pada awal kolam olak pada pelimpah *ogee* (seri A75.U). Ketiga, hasil kerja dari bentuk dan posisi *baffle blocks* yang paling efektif meredam turbulensi di hilir pusran adalah *baffe blocks* tipe miring dengan sudut 90° yang diletakkan pada awal kolam olak pada pelimpah *ogee* (seri B90.U).

Kata kunci: pelimpah *ogee*, loncatan air, sudut *bafflee blocks*.

Abstract

Ncreased rainfall affects the people on the banks of the river. Utilization of water while maintaining sustainability is an indispensable action right now. Water jump is a flow of flow of flow (supercritical) in the upstream of the dam and will lead to water jump (hydraulic jump). Water jump events occur in the still pond (stilling basin) and the stilling basin design must be resistant to hydraulic forces and water velocity, thus not eroded by water jump events. 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. Mercu dam using ogee type. The stiling basin uses a USBR-II type with the addition of two variations of baffle block angles. The analytic results show some conclusions. First, the best baffle block arrangement to dampen the flow energy is a bendle type baffle with an angle of 75 ° placed at the beginning of the ojek pool in the ogee spill (series Z75.U). Second, the most effective baffle block position to reduce water jump length is the bendle-type baffle blocks with an angle of 75 ° placed at the beginning of the stiling basin at the ogee spill (series A75.U). Third, the work of the most effective baffle block shape and position in reducing turbulence downstream is baffe blocks with a 90 ° angle placed at the beginning of the stiling basin in the ogee sprocket (series B90.U).

Keywords: oge spill, water jump, corner of bafflee blocks.

1. PENDAHULUAN

Air adalah senyawa yang paling penting bagi semua bentuk kehidupan sampai saat ini di bumi. Terkadang pemanfaatan air di masyarakat kurang diperhatikan, 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 menguji unjuk kerja bendung dengan tipe pelimpah paranola dan dibandingkan dengan pelimpah *ogee*. Pengujian lain adalah untuk menguji efektifitas *baffle blocks* tipe miring di dalam mereduksi energi aliran, panjang loncatan air serta turbulensi aliran dibanding dengan *baffle blocks* tipe tegak. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan bendung terutama tipe parabola dan *ogee* pada pelimpah hilir miring dengan kolam olak USBR tipe II serta sebagai acuan penggunaan susunan *baffle blocks* tipe miring 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 Rizal (2015) melakukan penelitian 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. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa *baffle blocks* tipe cekung parabolik dengan posisi pada awal radius lengkung adalah yang paling efektif dalam meredam turbulensi aliran dan panjang loncat air dihilir pusaran dengan persentase unjuk kerja 24,16%.

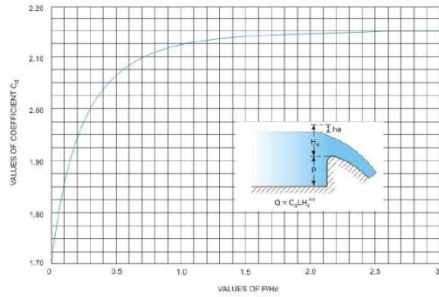
2. METODE

Dalam penelitian ini terdapat 3 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 m³/dt; lebar saluran (b) = 0,3 m; tinggi pelimpah (P) = 0,24 m ; dicoba h_d = 0,0383 m, dihasilkan:

$$\text{a. Kecepatan awal } V_0 = \frac{Q}{(p + h_d).b} = \frac{0,005}{(0,24 + 0,0383).0,3} = 0,05987 \text{ m/dt} \quad (1)$$

$$\text{b. Tinggi tekanan total } (h_c) = h_d + \frac{V_0^2}{2g} = 0,0383 + \frac{0,05987^2}{2.9,81} = 0,038463 \text{ m} \quad (2)$$

c. Mencari koefisien C_D



Gambar 1. Grafik Koefisien Peluapan Mercu *Ogee* Hubungan antara p/h_d (*Hydraulic structures for Flow Diversion and Storage, Version 2 CE IIT-Kharangpur*)

Ploting gambar IV.8 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:

$$Q = C_D \times b \times h_c^{3/2} = 2,202 \times 0,3 \times 0,038463^{3/2} = 0,005 \text{ m}^3/\text{dt} \quad (3)$$

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) = $0,24 \text{ m}$; dicoba $h_d = 0,0383 \text{ m}$; $g = 9,81 \text{ m}/\text{dt}^2$; tebal kolam olak (s_1) = $0,017 \text{ m}$, dihasilkan:

$$a. \quad v_1 = \sqrt{2g \times (0,5h_d + p - s_1)} = \sqrt{2 \times 9,81 \times (0,5 \times 0,0383 + 0,24 - 0,017)} = 2,3108 \text{ m}/\text{dt} \quad (4)$$

$$b. \quad d_1 = \frac{Q}{(b \times v_1)} = \frac{0,005}{(0,3 \times 2,3108)} = 0,07 \text{ m} \quad (5)$$

$$c. \quad \text{Bilangan Froude} = Fr = \frac{v_1}{\sqrt{g \times d_1}} = \frac{2,3108}{\sqrt{9,81 \times 0,07}} = 8,68 \quad (6)$$

d. Mencari L_j/d_2 = plotting gambar IV.8 didapat $p/h_d = 6,25$

$$e. \quad d_2 = \frac{d_1}{2} \times \left(\sqrt{1 + 8 \cdot Fr^2} \right) - 1 = \frac{0,07}{2} \times \left(\sqrt{1 + 8 \cdot 8,68^2} \right) - 1 = 0,08508 \text{ m} \quad (7)$$

$$f. \quad \text{Panjang kolam olak (Lj)} = L_j/d_2 \times d_2 = 4,2 \times 0,08508 = 0,36 \text{ m} \quad (8)$$

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 45° , 60° dan 75° dengan tiga variasi susunan perletakkan *baffle blocks*, yaitu variasi a (tanpa *baffle blocks*), variasi b (awal radius olakan) dan variasi c (tengah radius olakan).

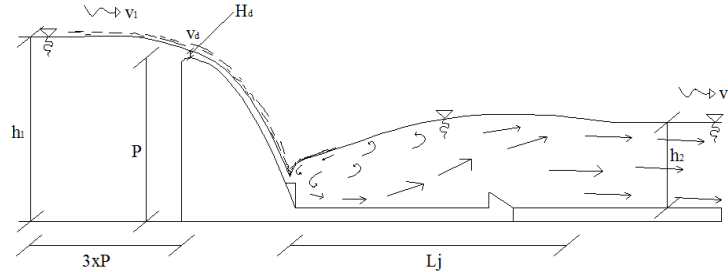
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

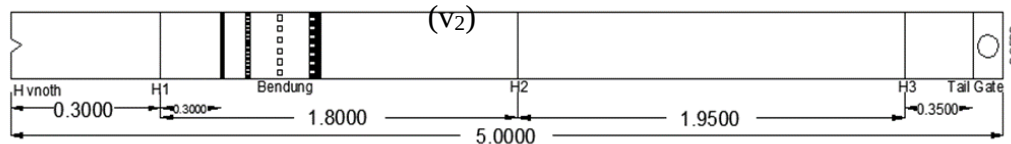
Pengukuran debit pada pelimpah dilakukan dengan mengalirkan air melewati *flume* dengan lima variasi debit dari $1500 \text{ cm}^3/\text{dt}$ sampai $5000 \text{ cm}^3/\text{dt}$ dan diatur dengan membuka kran pengatur debit pada pompa air. Hasil analisis meliputi:

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) dan di Hilir Kolam Olak



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

Kecepatan di hulu bendung merupakan kecepatan yang paling rendah, karena terjadi pembendungan disusul kecepatan setelah pusaran air dan kecepatan sebelum pusaran air merupakan kecepatan paling tinggi. Penurunan kecepatan terjadi pada kolam olak dengan adanya peristiwa pusaran air (loncat air), yang akan mengubah jenis aliran dari superkritik menjadi subkritik. Peristiwa pusaran air juga bersifat meredam energi aliran, sehingga energi setelah pusaran air relatif lebih rendah. Kecepatan air di hulu bendung, kecepatan air setelah pusaran dan kecepatan di puncak bendung.

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.

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

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

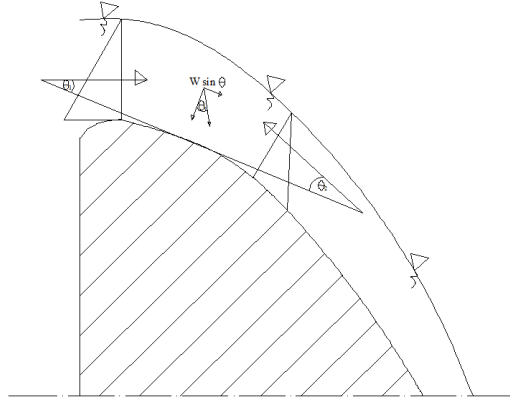
$$F_2 = \frac{1}{2} \cdot h_2^2 \cdot \gamma_w \cdot B \cdot \cos \theta_2$$

$$W \cdot \sin \theta = \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \cdot L \cdot B \cdot \sin \theta$$

$$\lambda \cdot A = \rho \cdot g \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right) \cdot I_o \cdot (B \cdot h)$$

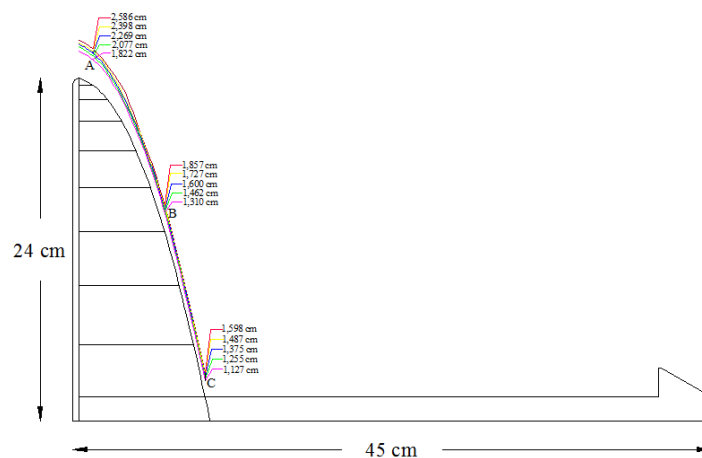
Selanjutnya cara perhitungan dilanjutkan dengan menentukan koordinat dari kemiringan bendung, menghitung tangen sudut dari masing-masing titik koordinat yang telah ditentukan, menentukan sudut awal (θ_1), sudut tengah (θ_t) dan sudut akhir (θ_2) dari setiap koordinat. Selanjutnya menentukan panjang busur 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 2010. 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 4. Tekanan pada Puncak Mercu Bendung

Profil aliran melalui bendung hasil iterasi dari persamaan konservasi momentum digambarkan pada Gambar 4. 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 5. Profil Muka Air yang Melintasi Tubuh Bendung dengan Data Kedalaman Aliran h (cm) pada Pelimpah Parabola

Analisis momentum aliran ketika menumbuk *baffle blocks* yang didapat dari profil kedalaman aliran dan profil kecepatan aliran melewati tubuh bendung adalah sebagai berikut ini.

Jika debit ($5000 \text{ cm}^3/\text{dt}$) terbagi merata menjadi 14 bagian, maka momentum yang menumbuk di titik B dan C (lihat Gambar 8) adalah:

$$M_B = 1/14 \times \rho \times Q \times v \quad (10)$$

$$= 1/14 \times 1 \times 5000 \text{ cm}^3/\text{dt} \times 89,761 \text{ cm}/\text{dt}$$

$$= 32057,50 \text{ dyne}$$

$$M_C = 1/14 \times \rho \times Q \times v \quad (11)$$

$$= 1/14 \times 1 \times 5000 \text{ cm}^3/\text{dt} \times 104,307 \text{ cm}/\text{dt}$$

$$= 37252,50 \text{ dyne}$$

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

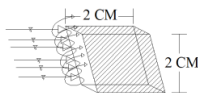
F_D = gaya drag (N,kgf)

C_D = koefisien drag

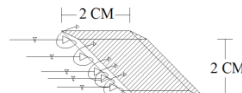
A = luas bidang tumbuk yang tertumbuk oleh air

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:

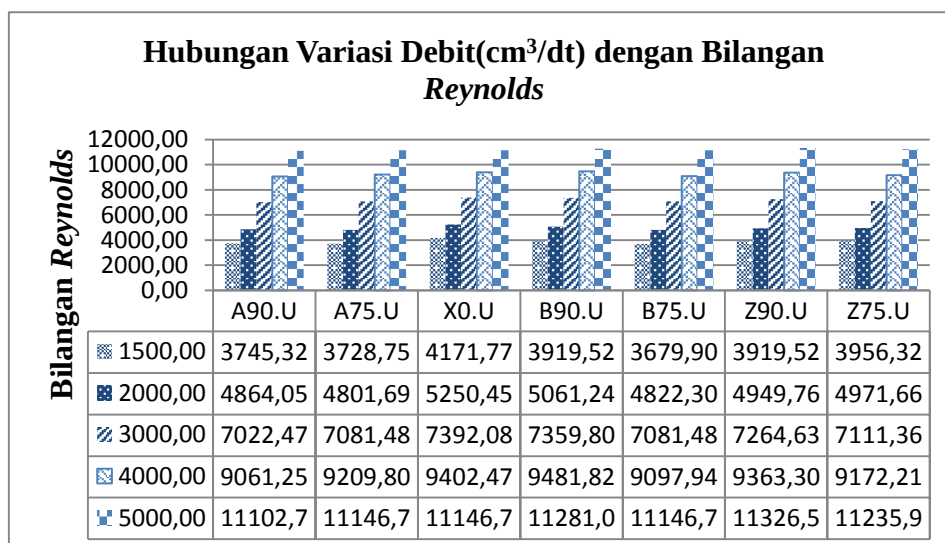


Gambar 6. Arah Aliran pada *Baffle Blocks* sudut 90°



Gambar 7. Arah Aliran pada *Baffle Blocks* sudut 75°

3.1.2 Analisis Bilangan *Reynolds* dengan Variasi Debit

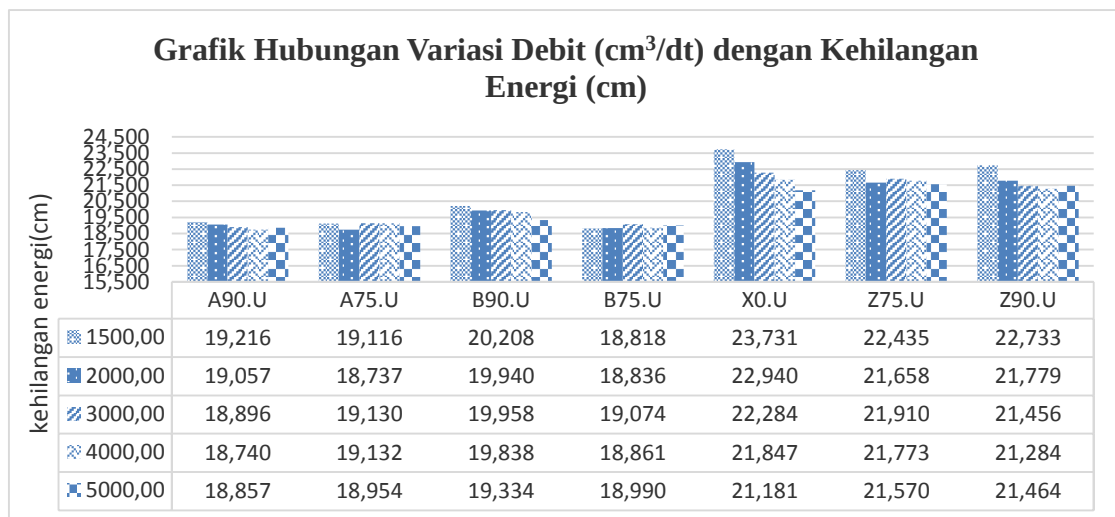


Gambar 8. Hubungan Variasi Debit (cm^3/dt) dengan Bilangan *Reynolds*

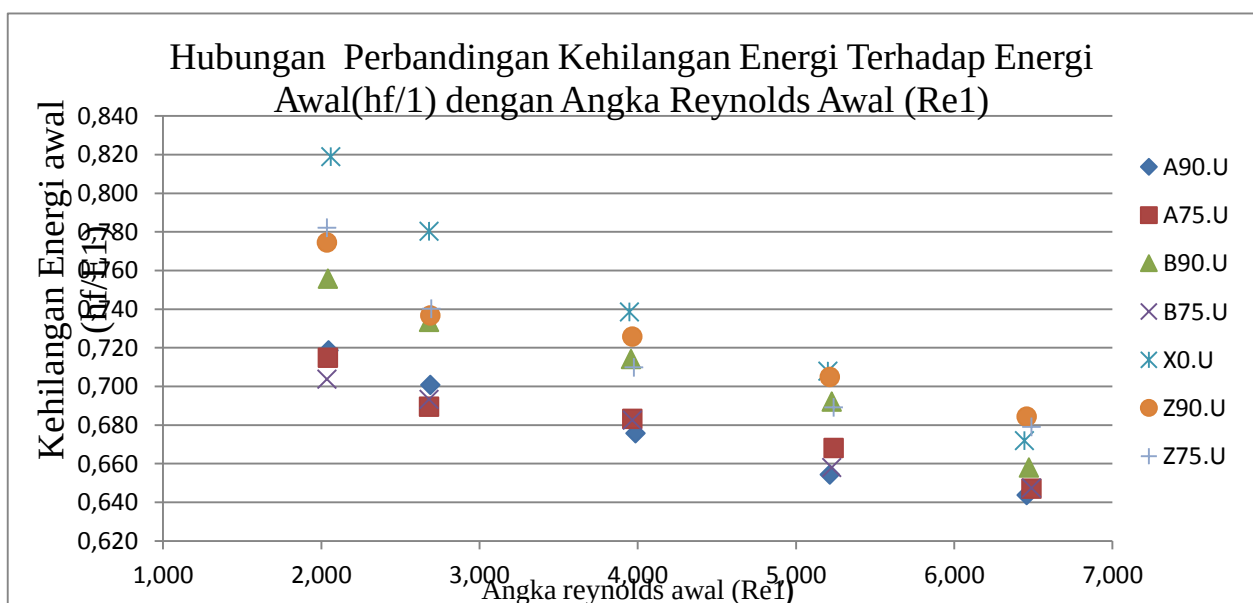
Gambar 8 menunjukkan hubungan antara variasi debit dengan bilangan *Reynolds*. Aliran pada saluran terbuka adalah laminar pada bilangan *Reynolds* jika $(Re) < 500$, turbulensi jika $Re > 1000$ dan diantara $500 - 1000$ adalah transisi/peralihan. Gambar 11 menunjukkan bahwa semua aliran yang terjadi 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 11 menunjukkan rerata bilangan *Reynolds* Oleh karena itu, penempatan dan sudut *baffle blocks* yang paling efektif meredam turbulensi di hilir pusaran adalah seri A75.U dengan sudut *baffle blocks* 75° yang diletakkan di awal kolam olak pada pelimpah parabola. Variasi debit yang sama dan setiap sudut maupun penempatan *baffle blocks*, besarnya Bilangan *Reynolds* mengalami perubahan yang tidak terlalu signifikan.

3.2 Pembahasan

3.2.1 Analisis Kehilangan Energi dengan Variasi Debit



Gambar 9. Hubungan Variasi Debit (cm^3/dt) dengan Kehilangan Energi (cm)

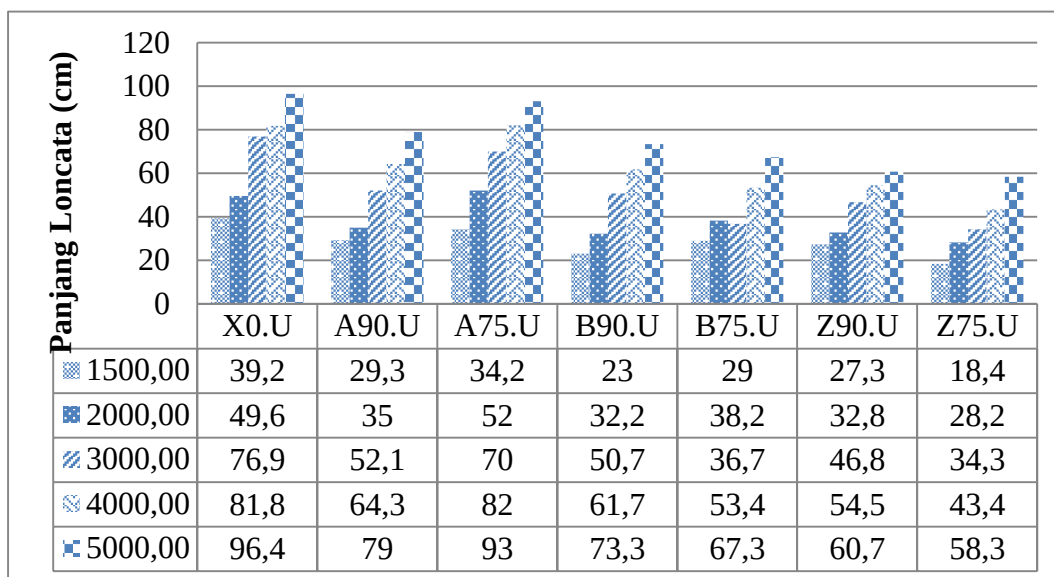


Gambar 10. Hubungan Perbandingan Kehilangan Energi terhadap Energi Awal (h_f/E_1) dengan Angka *Reynolds* Awal (Re_1) pada Pelimpah tipe *Ogee* dan Parabola

Gambar diatas menunjukkan hasil persentase rerata h_f/E_1 , maka penempatan dan sudut *baffle blocks* yang paling efektif meredam energi aliran adalah seri Z75.U 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°, dari kemiringan *baffle blocks* secara real dapat diyakini sebenarnya koefisien drag dari kemiringan 75° kurang dari *baffle blocks* dengan kemiringan 75° akan tetapi *baffle blocks* dengan kemiringan 75° awal kolam olak pada pelimpah ogge adalah yang paling efektif meredam energi aliran, hal ini karena kemungkinan bidang tumbuk *baffle blocks* kemiringan 75° lebih besar dengan lainnya.

3.2.2 Analisis Panjang Loncat Air dengan Variasi Debit



Gambar 11. 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>	hf terhadap E_1 (%)	Lj terhadap Lj tanpa <i>baffle block</i> (%)	Chek
1	X0.U	74,36%	0,00%	0,00%
2	A90.U	67,87%	24,48%	16,62%
3	A75.U	68,06%	3,693%	2,51%
4	B90.U	71,08%	29,95%	21,29%
5	B75.U	67,71%	34,69%	23,49%
6	Z90.U	72,53%	35,42%	25,69%
7	Z75.U	72,01%	46,90%	33,78%

Tabel di atas menunjukkan bahwa posisi *baffle blocks* yang efektif dari meredam energi aliran dan mereduksi panjang loncat air adalah seri Z75.U (dengan unjuk kerja 39,43%), yaitu pemasangan *baffle blocks* pada awal 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).

3.2.3 Analisis panjang loncatan air di lapangan dengan teoritis

Panjang loncatan air (Lj) 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:

Lj = panjang loncatan air

n = tinggi ujung bendung

y₂ = akhir panjang loncatan diluar bendung

Untuk mencari Lj teoritis kita awalnya harus melakukan percobaan agar bisa memperoleh Lj lapangan, Lj lapangan juga sangat diperlukan karena dalam rumus y₂ menggunakan angka yang diperoleh dari pengamatan, y₂ disini dapat dijabarkan menjadi Lj pengamatan dikurangi panjang

bendung yaitu 30 cm, data perbandingan Lj teoritis dengan Lj pengamatan salah satunya akan saya

Z75.U									
Q	Lj lap	Q	Hd	B	v1	Fr1	y1	y2	Lj
1500	18,4	1500	1,3	30	38,46154	8,6800	2,003492	23,61226	129,6526
2000	28,2	2000	1,6	30	41,66667	8,6800	2,351321	27,71162	152,1618
3000	34,3	3000	2,1	30	47,61905	8,680027	3,071094	36,19466	198,7414
4000	43,4	4000	2,5	30	53,33333	8,680003	3,85240	45,40271	249,3018
5000	58,3	5000	2,7	30	61,7284	8,68	5,16065	60,82111	333,9628

cantumkan dalam tabel 2. dibawah:

Tabel 2. Perbandingan antara Lj lapangan dengan Lj teoritis

A90.U		
Q	Lj lap	Lj teoritis
1500	29,3	6,5
2000	35	35
3000	52,1	120,5
4000	64,3	181,5
5000	79	255

Dari hasil pencarian Lj teoritis menggunakan rumus dari buku Hidraulika II ini, penulis mengasumsikan data-data yang perlu digunakan pada rumus dari Hidraulika II ini dan menggunakan data dari pengamatan penempatan *baffle block* model Z75.U dimana diperoleh hasil seperti tabel dibawah ini:

3.2.4 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 membandingkan *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*:

Rumus pertama:

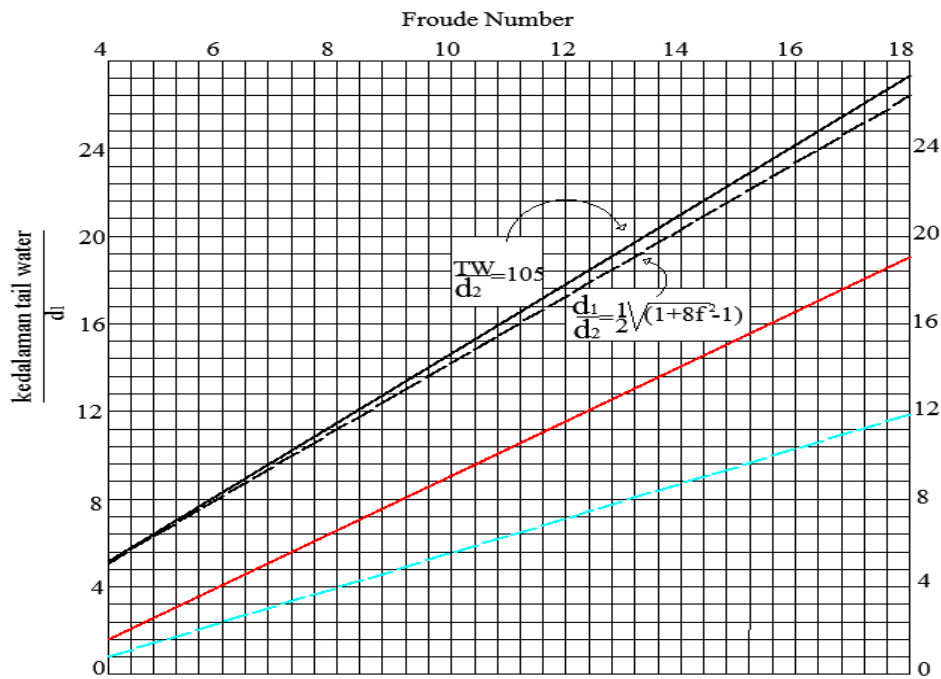
$$\frac{TW}{d_2} = 1,05$$

Rumus kedua:

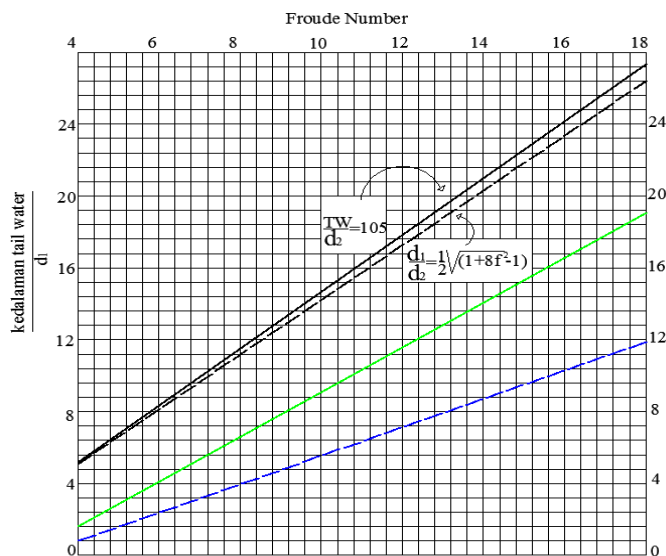
$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{1}{2}(\sqrt{1 + 8f^2} - 1)$$

Tabel 4. Tabel untuk pembuatan garis rumus KP1 dan BT dengan USBR-II

Z75.U						
Q	d1	d2	d2/d1	y	x	f
				tw*d1	rumus fr1	goalseek
1500	26,4	6,3	23,86364	1,74636	14,51992	0,352556
2000	26,7	7,6	28,46442	2,13066	14,19726	0,392653
3000	27,4	8,7	31,75182	2,50299	16,81254	0,436653
4000	27,9	9,5	34,05018	2,783025	17,74657	0,46931
5000	28,3	10	35,33569	2,9715	20,47681	0,502074



Gambar 12. Perbandingan antara rumus KP1 dengan USBR-II



Gambar 13. Perbandingan antara rumus Bambang Triatmodjo dengan USBR-II

4. PENUTUP

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

- 1) Susunan *baffle blocks* yang paling baik untuk meredam energi aliran berturut-turut adalah seri Z75.U = 0,7201, Z90.U = 0,7253, B75.U = 0,6771 B90.U = 0,7108, Z75.A75.U = 0,6806, A90.U = 0,6797 dan X0.U = 0,7336
- 2) Posisi *baffle blocks* yang paling efektif untuk mereduksi panjang loncat air berturut-turut adalah seri Z75.U (33,78%), Z90.U (25,69%), B75.U (23,49%), B90.U (21,29%), A75.U (20,51%) dan A90.U (16,62%).
- 3) Unjuk kerja dari bentuk dan posisi *baffle blocks* yang paling efektif meredam turbulensi di hilir pusaran berturut-turut adalah seri Z75.U (7378,42), Z90.U (7390,90), B75.U (7394,97), B90.U (7452,44), A75.U (7454,64), A90.U (7457,10) dan X0.U (7472,71)
- 4) 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.
- 5) 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.

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. *Hidolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.

- Fatma, Sari Lana. 2016. “Pengaruh Penempatan Dan Sudut *Baffle Block* Tipe Miring Terhadap Redaman Energi Panjang Loncatan Air Dan Turbelensi Aliran Pada Pelimpah Tipe Parabola Dan Pelimpah *Tipe Ogee*” Skripsi (tidak diterbitkan). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Honing, R. 2009. “Pelimpah Bertangga Sebagai Peredam Pada Kolam Olak Tipe Solid Roller Bucket.” Skripsi (tidak diterbitkan). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 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 Type 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.
- Abdurrosyid, Jaji. 2009. Kajian Proteksi Genangan di Hilir Kolam Olakan Bendung Tipe USBR-II. Surakarta: Dinamika Teknik Sipil.