

Kajian Model Fisik Pengaruh Perubahan Jari – Jari Kolam Olak Pada Peredam Energi Tipe Bucket

Study Of Physical Models Of The Influence Of Changes Radius Stilling Basin To The Type Of Energy Reducer Of Bucket

Muhammad Rizal Firdaus¹, Nanang Saiful Rizal^{2*}, Aditya Surya Manggala³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : firdausrizal51@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember*Koresponden Author

Email : nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : m4ngg4la@gmail.com

Abstrak

Peredam energi atau yang disebut kolam olak adalah bagian dari bendung yang berfungsi untuk meredam energi aliran air yang melalui bendung. Model peredam energi atau kolam olak yang dapat digunakan untuk meredam energi memiliki beberapa model salah satunya adalah kolam olak tipe bucket. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Keairan Universitas Muhammadiyah Jember, kemudian dilakukan pemodelan pada program HEC-RAS dan dilanjutkan dengan pengaplikasian pada saluran di lapangan. Kegiatan penelitian berupa pengujian tinggi loncatan air, panjang loncatan air, kecepatan aliran air, dan bilangan *froude*. Hasil penelitian menunjukkan empat hasil. Pertama, dari ketiga percobaan yang dilakukan didapatkan hasil yang serupa dimana untuk pengaruh jari – jari dengan kecepatan, pada jari – jari 8 cm memiliki penurunan kecepatan terendah. Kedua, untuk pengaruh jari – jari dengan panjang loncat air didapatkan hasil untuk jari – jari 6 cm memiliki nilai panjang loncatan terendah. Ketiga, untuk pengaruh jari – jari dengan tinggi loncatan air didapatkan penurunan terendah terjadi pada jari – jari 8 cm. Keempat, untuk hubungan pengaruh tinggi air dengan bilangan *froude* dipengaruhi dengan bertambahnya kedalaman air dan menurunnya kecepatan air, maka bilangan *froude* juga semakin kecil. Bilangan *froude* terbesar terjadi pada jari – jari 6 cm dengan nilai 11,730.

Kata kunci: Peredam energi, Jari-jari kolam olak, Kecepatan aliran, Panjang loncatan air, Tinggi loncatan air, *froude*.

Abstract

Energy dampers or so-called stilling basin are part of the weir that serves to dampen the energy of the flow of water through the weir. Energy damper or stilling basin models that can be used to dampen energy have several models, one of which is a bucket-type stilling basin. The research was conducted at the Laboratory of Water, University of Muhammadiyah Jember, then modeling on the HEC-RAS program and continued with the application of channels in the field. Research activities in the form of testing high water jumps, length of water jump, speed of water flow, and froude numbers. The results showed four results. First, of the three experiment performed obtained similar results where for the influence of radius with velocity, on the radius 8 cm has the lowest speed decrease. Second, for the influence of radius with the length of jumping water obtained results for the radius 6 cm has the lowest jump length value. Third, for the influence of radius with height water jumping obtained the lowest decrease occurs in the radius 8 cm. Fourth, for the relationship of the influence of height water with the numeral of froude is influenced by the increase in water depth and decreased water speed, then the numeral of froude is also getting smaller. The largest froude numeral occurs in the radius 6 cm with a value of 11,730.

Keywords: Energy dampers, Radius of stilling basin, Velocity water, Length of water jump, Height water jump, *froude*.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan ilmu dan teknologi dalam dunia teknik sipil sangat berdampak signifikan terhadap kemajuan infrastruktur. Berbagai penelitian dilakukan untuk mengembangkan sarana dan prasarana dalam dunia konstruksi dan non konstruksi, salah satunya di bidang bangunan air. Bangunan air sendiri merupakan bangunan yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan kegiatan manusia, salah satu contohnya yaitu bangunan bendung, bangunan bendungan, bangunan irigasi, dan lain sebagainya. Indonesia merupakan salah satu negara agraris yang dimana sebagian besar masyarakatnya bekerja di bidang pertanian. Dengan demikian Indonesia sangat membutuhkan perananan penting pada fungsi bangunan air. Akan tetapi bangunan – bangunan air di Indonesia masih sangat membutuhkan inovasi – inovasi terbaru agar sumber daya air dapat dikelola dengan lebih baik. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini akan membahas tentang pengaruh perubahan variasi jari jari kolam olak tipe bucket pada bangunan bendung.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menganalisa pengaruh jari – jari kolam olak tipe bucket terhadap kecepatan aliran?
2. Bagaimana menganalisa pengaruh jari – jari terhadap panjang loncatan air ?
3. Bagaimana menganalisa pengaruh jari – jari terhadap tinggi loncat air?
4. Bagaimana menganalisa pengaruh tinggi air terhadap bilangan *froude*?

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa pengaruh jari – jari kolam olak tipe bucket terhadap kecepatan aliran.
2. Menganalisa pengaruh jari – jari terhadap panjang loncat air
3. Menganalisa pengaruh jari – jari terhadap tinggi loncat air.
4. Menganalisa pengaruh tinggi air terhadap bilangan *froude*

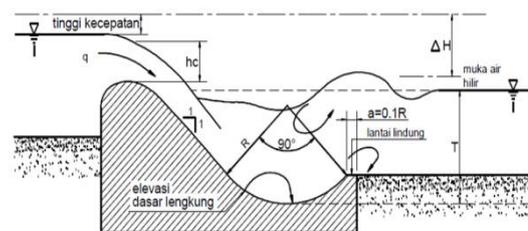
2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kolam Olak

Kolam olak adalah suatu konstruksi yang berfungsi sebagai peredam energi yang terkandung dalam aliran dengan memanfaatkan loncatan hidraulis dari suatu aliran yang berkecepatan tinggi. Kolam olakan sangat ditentukan oleh loncatan hidraulis yang terjadi di dalam aliran dimana loncatan air dapat menimbulkan kerusakan – kerusakan pada bendung terutama pada kolam olakan. Terlepas dari kondisi hidrolis, yang dapat dijelaskan dengan bilangan Froude dan kedalaman air hilir, kondisi dasar sungai dan tipe sedimen yang diangkut memainkan peranan penting dalam pemilihan tipe kolam olak. Secara garis besar kolam olak terdiri dari tiga tipe (*Standart Perencanaan irigasi KP – 02, 1986 : 60*) :

B. Ruang Olak Tipe Bak Tenggelam

Jika kedalaman konjugasi hilir dari loncat air terlalu tinggi dibanding kedalaman air normal hilir, atau jika diperkirakan akan terjadi kerusakan pada lantai kolam yang panjang akibat batu – batu besar yang terangkut lewat atas bendung, maka dapat dipakai predam energi yang relatif pendek tetapi dalam. Perilaku hidrolis peredam energi tipe ini terutama bergantung kepada terjadinya kedua pusaran, satu pusaran permukaan bergerak ke arah berlawanan dengan arah jarum jam di atas bak, dan sebuah pusaran permukaan bergerak ke arah putaran jarum jam dan terletak di belakang ambang ujung. Dimensi – dimensi umum sebuah bak yang berjari- jari besar diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peredam Energi Tipe Bak Tenggelam.

(Sumber: Bambang Triadjmojo, 1993)

C. Konsep Dasar Aliran

Menurut ilmu mekanika fluida aliran fluida khususnya air diklasifikasikan berdasarkan perbandingan antara gaya inersia dan gaya – gaya kekentalannya menjadi tiga bagian yaitu aliran laminar, turbulin, dan transisi (French, 1985). Variable yang dipakai untuk klarifikasi ini adalah bilangan Reynolds.

• Karakteristik Aliran

Karakter aliran yang paling sesuai untuk mengendapkan partikel sedimen adalah aliran laminar dengan kecepatan yang rendah. Banyak cara dilakukan untuk mendapatkan pola aliran yang seperti ini, atau yang lebih dikenal dengan “*plug-flow*”, seperti merancang posisi inlet dan outlet (Pearson et.al, 1995), mencegah pembentukan gelombang dipermukaan dengan meminimalkan angin (Kim dan Kim, 2000), menggunakan *baffle* / sekat (Muttamara dan Puetpaiboon, 1997), dan merancang bentuk atau geometri dari konstruksi (European Investment Bank, 1998).

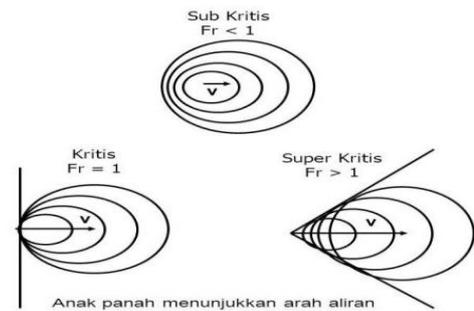
• Tipe Aliran

Mengkaji suatu aliran pada saluran terbuka, haruslah dipahami tentang sifat dan jenis aliran itu sendiri. Adapun tipe aliran pada saluran terbuka yakni dipengaruhi oleh adanya suatu permukaan bebas yang berkaitan langsung dengan parameter-parameter aliran seperti kecepatan, kekentalan, gradient serta geometri saluran. Aliran saluran terbuka dapat digolongkan berdasarkan pada berbagai kriteria, salah satu kriteria utama adalah perubahan kedalaman aliran (h) terhadap waktu (t) dan terhadap tempat (s).

• Sifat Aliran

$$Re = \frac{\bar{v}R}{\mu} \quad (1)$$

$$Fr = \frac{\bar{v}}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (2)$$



Gambar 2. Pola Perambatan Penjalaran Gelombang di Saluran Terbuka (Sumber: Bambang Triadjmojo, 1993)

• Energi Spesifik

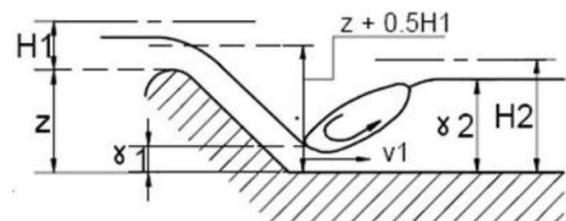
$$E = \frac{v^2}{2g} + y \quad (3)$$

• Debit Aliran

$$Q = A \times V \quad (4)$$

• Loncat Hidrolik

$$V_1 = \sqrt{2g \left(\frac{1}{2} H_1 + z \right)} \quad (5)$$



Gambar 3. Kecepatan loncatan air (Sumber: Bambang Triadjmojo, 1993)

D. Penelitian Terdahulu

• Pengaruh Energi Terhadap Kolam Olak Akibat Loncatan Hidrolik

Salah satu konstruksi bangunan air yang digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya air adalah bendung, sehingga terjadi aliran deras di bagian hilir, jika jenis aliran tersebut superkritis menjadi subkritis, maka akan terjadi loncatan hidrolik (*hydraulic jump*). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh model peredam energi dan pengaruh pemasangan *baffle blocks* terhadap loncatan hidrolik dan jenis aliran yang terjadi di kolam olakan.

• **Pengaruh Variasi Jari – Jari Kolam Olak Tipe *Trajectory Bucket* Terhadap Loncatan Hidrolis Dan Peredaman Energi Pada *Spillway Tipe Ogee***

Pada struktur bendungan (DAM), bangunan yang digunakan untuk melimpaskan debit banjir berlebih yang masuk ke waduk adalah *spillway*. Sebelum air melintasi *spillway* aliran air bersifat subkritis. Sedangkan aliran setelah melewati *spillway* aliran berubah menjadi aliran super-kritis. Sehingga energi yang dengan gaya gerus yang timbul dalam aliran tersebut harus direduksi mencapai tingkat yang normal kembali. Untuk mereduksi energi yang terdapat di dalam aliran tersebut, maka di ujung hilir saluran peluncur biasanya dibuat bangunan peredam energi atau kolam olakan (*stilling basin*).

• **Pengaruh Variasi Kemiringan Pada Hulu Bendung Dan Penggunaan Kolam Olak Tipe *Slotted Roller Bucket* Terhadap Loncatan Air Dan Gerusan Setempat.**

Posisi tubuh bendung yang melintang dan berhulu miring dapat menghalangi aliran di saluran, hingga menyebabkan elevasi muka air meninggi dan kemudian melimpas. Kondisi ini menyebabkan perubahan aliran dari superkritis menjadi subkritis dengan terjadinya peristiwa loncatan hidrolis. Untuk meredam energi akibat loncatan hidrolis, digunakan peredam energi berupa kolam olak tipe *slotted roller bucket*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh debit dan variasi kemiringan pada hulu bendung serta penggunaan kolam olak *slotted roller bucket* terhadap energi spesifik saat loncatan hidrolis dan terjadinya gerusan lokal dihilir bangunan.

3. METODELOGI

A. Lokasi Penelitian

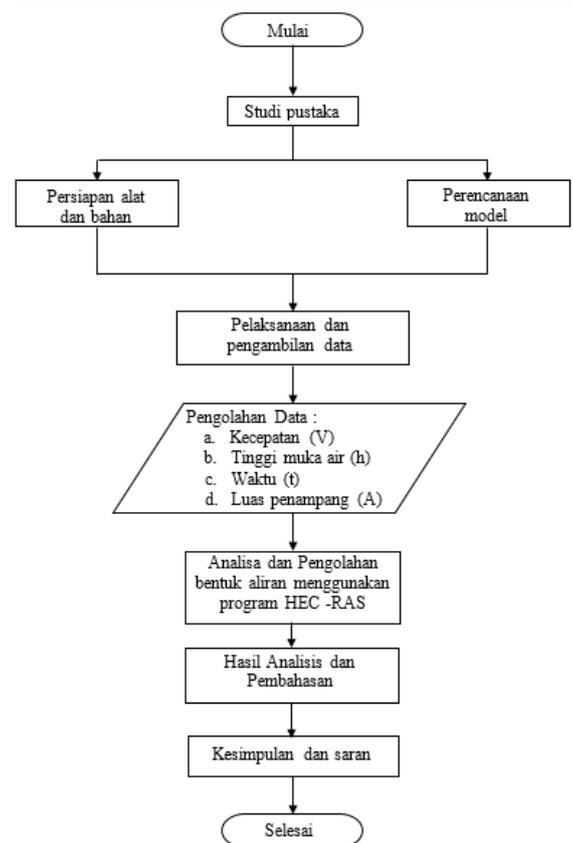
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Keairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember kemudian dilakukan pemodelan pada program HEC-RAS dan dilanjutkan dengan pengaplikasian pada saluran di lapangan, kegiatan penelitian mengenai karakteristik aliran terhadap perubahan variasi jari – jari, dengan data yang diamati berupa pengujian tinggi loncatan air,

panjang loncatan air, kecepatan aliran air, dan bilangan *froude*.



Gambar 4. Laboratorium Keairan Universitas Muhammadiyah Jember
 Sumber : Dokumentasi pribadi 2021

B. Diagram Alur



Gambar 5. Flow Chart Penelitian

4. Hasil Pembahasan

A. Debit dan Karakteristik Aliran

Kondisi loncatan hidrolis yang diukur pada penyelidikan ini adalah kecepatan dan tinggi muka air di hulu bendung, kecepatan dan tinggi air sebelum terjunan, kecepatan dan tinggi

muka air di hilir bendung, tinggi loncatan dan panjang loncatan air.

B. Perencanaan Mercu

- a. Lebar saluran (B) = 0,15 m
- b. Elevasi pelimpah (p) = 0,15 m
- c. Debit rencana (Q) = 0,004 m³/det
- d. Dicoba H_d = 0,05 m
- e. Kecepatan awal (V₀) =

$$V_0 = \frac{Q}{(p + H_d) \cdot B}$$

$$= 0,128 \text{ m/det}$$

- f. Tinggi tekanan total (H_e) =

$$H_e = H_d + \frac{V_0^2}{2g}$$

$$= 0,051$$

- g. Mencari koefisien C_d = 3,00

- h. Cek debit rencana dengan debit kontrol
- Q (rencana) = Q (kontrol)
 0,004 = C_d × B × H_e^{3/2}
 0,004 = 0,004 m³/det

Karena nilai yang didapat sama maka hasil perhitungan diatas benar.

- i. Perhitungan Jari-jari mercu

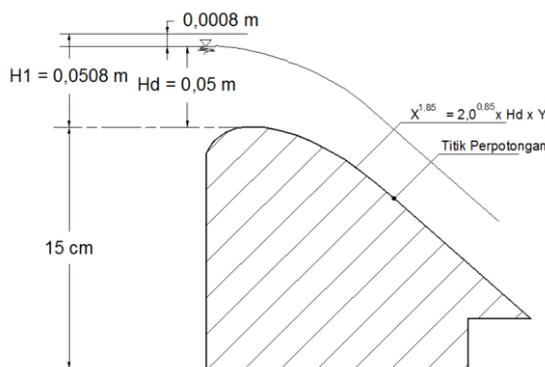
$$X = 0,0847^{1/0,85}$$

$$= 0,0548 \text{ m}$$

$$Y = 6,380 \times X^{1,85}$$

$$= 6,380 \times 0,0548^{1,85}$$

$$= 0,0296 \text{ m}$$

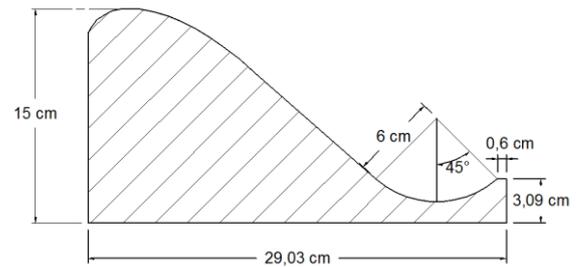


Gambar 6. Jari – jari mercu ogee tipe vertikal
 Sumber : Pengolahan data 2021

C. Perencanaan Jari – Jari Kolam Olak

Dalam penelitian ini terdapat tiga variasi jari – jari kolam olak yaitu variasi 1 (jari – jari

6 cm), variasi 2 (jari – jari 7 cm), dan variasi 3 (jari – jari 8 cm)

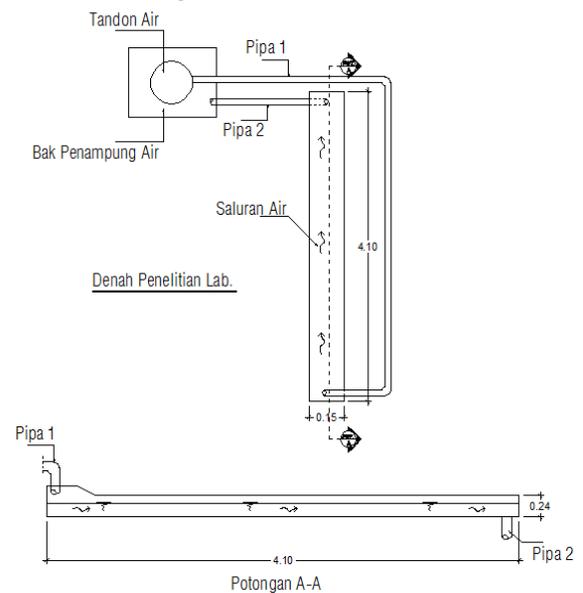


Gambar 7. Tampang Melintang Bendung Tipe Ogee dan Kolam Olak
 Sumber : Pengolahan data 2021

D. Hasil Pengujian Laboratorium

• Data Pengujian Aliran

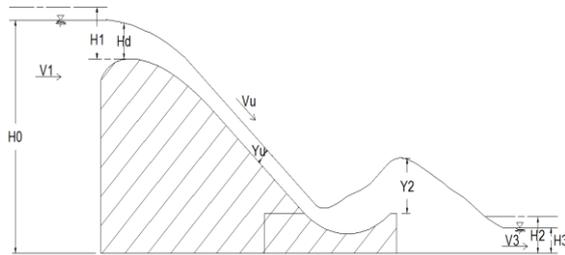
Pemeriksaan aliran dilakukan bersama mengalirkan air sepanjang flume melalui pelimpah ogee dengan tiga variasi debit dengan menggunakan pompa air. Besarnya debit yang lewat diatur dengan mengatur bukaan kran yaitu : 90°, 60°, dan 30°. Setting peralatan dan model fisik disajikan pada gambar 8. Data pertama yang didapatkan adalah panjang flume 4,1 m, lebar flume 0,15 m dan tinggi flume 0,24 m. Dilakukan sebanyak tiga kali trial untuk mendapatkan waktu rata – rata yang dilewati air di flume.



Gambar 8. Denah model fisik dan potongan memanjang
 Sumber : Desain Autocad 2021

C. Pengolahan Data Laboratorium

Dari data hasil uji aliran di laboratorium kemudian dilakukan kajian data dengan memakai data hasil pengujian dan pengukuran secara langsung dalam model. Pengkajian itu termasuk mencakup mengukur tinggi muka air di hulu bendung (H_0), menghitung kecepatan aliran air yang melintasi pada hulu bendung (V_1), menghitung kecepatan aliran yang melintasi pada hilir bendung (V_3), dan mengukur tinggi muka air di hilir bendung (H_3), pada masing – masing variasi jari – jari dan debit. Pada hasil kajian tersebut akhirnya dapat dihitung tinggi muka air di atas mercu (H_d), tinggi energi di atas mercu bendung (H_1), tinggi energi di hilir bendung (H_2). Kecepatan awal loncatan air (V_u), kedalaman awal loncatan air (Y_u). Bilangan *froude* (Fr), tinggi loncatan air (Y_2). Kedalaman kritis (Y_c) dan panjang loncatan air (L_j). Penjelasan secara lengkap pengamatan ditampilkan pada gambar berikut ini.



Gambar 9. Parameter data yang diolah
 Sumber : Pengolahan data 2021

Tabel 1. Hasil Perhitungan H_d , V_1 dan V_3

Bukaan kran	Debit m ³ /det	Variasi Jari - Jari	H_0 (m)	H_3 (m)	H_d (m)	V_1 (m/det)	V_3 (m/det)
90°	0,00358	6 cm	0,190	0,019	0,040	0,125	1,255
	0,00358	7 cm	0,190	0,020	0,040	0,125	1,192
	0,00358	8 cm	0,190	0,021	0,040	0,125	1,135
60°	0,00200	6 cm	0,170	0,014	0,020	0,078	0,951
	0,00200	7 cm	0,170	0,015	0,020	0,078	0,887
	0,00200	8 cm	0,170	0,016	0,020	0,078	0,832
30°	0,00063	6 cm	0,165	0,012	0,015	0,026	0,352
	0,00063	7 cm	0,165	0,013	0,015	0,026	0,324
	0,00063	8 cm	0,165	0,014	0,015	0,026	0,301

Sumber : Pengolahan Data 2021

Tabel 2. Tinggi Energi Air Di Hulu (H_1) dan Di Hilir (H_2) Bendung

Bukaan kran	Debit m ³ /det	Variasi Jari - Jari	V_1 (m/det)	V_3 (m/det)	H_d (m)	H_3 (m)	H_1 (m)	H_2 (m)
90°	0,00358	6 cm	0,125	1,255	0,040	0,019	0,041	0,099
	0,00358	7 cm	0,125	1,192	0,040	0,020	0,041	0,092
	0,00358	8 cm	0,125	1,135	0,040	0,021	0,041	0,087
60°	0,00200	6 cm	0,078	0,951	0,020	0,014	0,020	0,060
	0,00200	7 cm	0,078	0,887	0,020	0,015	0,020	0,055
	0,00200	8 cm	0,078	0,832	0,020	0,016	0,020	0,051
30°	0,00063	6 cm	0,026	0,352	0,015	0,012	0,015	0,018
	0,00063	7 cm	0,026	0,324	0,015	0,013	0,015	0,018
	0,00063	8 cm	0,026	0,301	0,015	0,014	0,015	0,019

Sumber : Pengolahan Data 2021

Tabel 3. Hasil Perhitungan (V_u), (Y_u), (Fr), (Y_2)

Bukaan kran	Debit m ³ /det	Variasi Jari - Jari	Z (m)	H_1 (m)	V_u (m/det)	Y_u (m)	Fr	Y_2 (m)
90°	0,00358	6 cm	0,171	0,041	1,938	0,012	5,579	0,0911
	0,00358	7 cm	0,170	0,041	1,933	0,012	5,557	0,0909
	0,00358	8 cm	0,169	0,041	1,928	0,012	5,535	0,0908
60°	0,00200	6 cm	0,156	0,020	1,806	0,007	6,714	0,0664
	0,00200	7 cm	0,155	0,020	1,800	0,007	6,683	0,0663
	0,00200	8 cm	0,154	0,020	1,795	0,007	6,653	0,0662
30°	0,00063	6 cm	0,155	0,015	1,786	0,002	11,730	0,0380
	0,00063	7 cm	0,154	0,015	1,780	0,002	10,676	0,0380
	0,00063	8 cm	0,153	0,015	1,775	0,002	10,622	0,0379

Sumber : Pengolahan Data 2021

Tabel 4. Perhitungan Energi (E_1), (E_2), (Y_c), (E_c)

Bukaan kran	Debit m ³ /det	Variasi Jari - Jari	Y_u (m)	V_u (m/s)	E_1 (m)	Y_2 (m)	V_2 (m/s)	E_2 (m)	Y_c (m)	V_c (m/s)	E_c (m)
90°	0,00358	6 cm	0,012	1,938	0,204	0,091	0,262	0,095	0,039	0,616	0,058
	0,00358	7 cm	0,012	1,933	0,203	0,091	0,262	0,094	0,039	0,616	0,058
	0,00358	8 cm	0,012	1,928	0,202	0,091	0,263	0,094	0,039	0,616	0,058
60°	0,00200	6 cm	0,007	1,806	0,174	0,066	0,200	0,068	0,026	0,507	0,039
	0,00200	7 cm	0,007	1,800	0,173	0,066	0,201	0,068	0,026	0,507	0,039
	0,00200	8 cm	0,007	1,795	0,172	0,066	0,201	0,068	0,026	0,507	0,039
30°	0,00063	6 cm	0,002	1,786	0,165	0,038	0,111	0,039	0,012	0,346	0,018
	0,00063	7 cm	0,002	1,780	0,164	0,038	0,111	0,039	0,012	0,346	0,018
	0,00063	8 cm	0,002	1,775	0,163	0,038	0,111	0,039	0,012	0,346	0,018

Sumber : Pengolahan Data 2021

Tabel 5. Perhitungan Bilangan *Froude* Saat Mengalami Loncatan Hidrolis

Bukaan kran	Debit m ³ /det	Variasi Jari - Jari	Y_u (m)	V_u (m/s)	Fr_1	Y_2 (m)	V_2 (m/s)	Fr_2	Y_c (m)	V_c (m/s)	Fr_c
90°	0,00358	6 cm	0,012	1,938	5,579	0,091	0,262	0,277	0,039	0,616	1,000
	0,00358	7 cm	0,012	1,933	5,557	0,091	0,262	0,277	0,039	0,616	1,000
	0,00358	8 cm	0,012	1,928	5,535	0,091	0,263	0,278	0,039	0,616	1,000
60°	0,00200	6 cm	0,007	1,806	6,714	0,066	0,200	0,248	0,026	0,507	1,000
	0,00200	7 cm	0,007	1,800	6,683	0,066	0,201	0,249	0,026	0,507	1,000
	0,00200	8 cm	0,007	1,795	6,653	0,066	0,201	0,250	0,026	0,507	1,000
30°	0,00063	6 cm	0,002	1,786	11,730	0,038	0,111	0,182	0,012	0,346	1,000
	0,00063	7 cm	0,002	1,780	11,676	0,038	0,111	0,182	0,012	0,346	1,000
	0,00063	8 cm	0,002	1,775	11,622	0,038	0,111	0,183	0,012	0,346	1,000

Sumber : Pengolahan Data 2021

Tabel 6. Pengamatan Panjang Loncatan Air

Bukaan kran	Debit m ³ /det	Variasi Jari - Jari	Lj (m)
90°	0.00358	6 cm	0.240
	0.00358	7 cm	0.265
	0.00358	8 cm	0.275
60°	0.00200	6 cm	0.180
	0.00200	7 cm	0.235
	0.00200	8 cm	0.240
30°	0.00063	6 cm	0.150
	0.00063	7 cm	0.155
	0.00063	8 cm	0.160

Sumber : Pengolahan Data 2021

D. Pembahasan Data Laboratorium

Setelah data diolah kemudian semua data hasil olahan dimasukkan kedalam grafik untuk kemudian dianalisis. Berikut pembahasan hasil pengolahan data yang di peroleh.

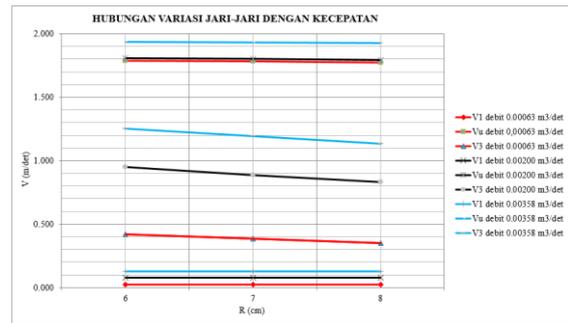
• Analisis Pengaruh Variasi Jari – Jari dengan Kecepatan Aliran

Pada penelitian ini peneliti mengamati beberapa kecepatan yang terjadi yaitu: kecepatan di hulu bendung (V1), kecepatan sebelum loncatan (Vu), dan kecepatan setelah loncatan (V3). Kecepatan di hulu bendung merupakan kecepatan yang paling rendah, ini terjadi karena disebabkan adanya efek pembendungan dan kecepatan sebelum loncatan merupakan kecepatan paling tinggi karena adanya penurunan air. Penurunan kecepatan terjadi pada kolam olak dengan adanya peristiwa pusaran air yang mengubah jenis aliran dari superkritik menjadi subkritik.

Tabel 7. Kecepatan Aliran

jari - jari (cm)	debit (m ³ /det)	V1 (m/det)	Vu (m/det)	V3 (m/det)
6	0,00358	0,125	1,938	1,255
	0,00200	0,078	1,806	0,951
	0,00063	0,026	1,786	0,422
7	0,00358	0,125	1,933	1,192
	0,00200	0,078	1,800	0,887
	0,00063	0,026	1,780	0,383
8	0,00358	0,125	1,928	1,135
	0,00200	0,078	1,795	0,832
	0,00063	0,026	1,775	0,352

Sumber : Pengolahan Data 2021



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Variasi Jari - jari (cm) dengan Kecepatan Aliran V (m/det)

Sumber : Pengolahan data 2021

• Analisis Pengaruh Variasi Jari – Jari dengan Panjang Loncatan Air

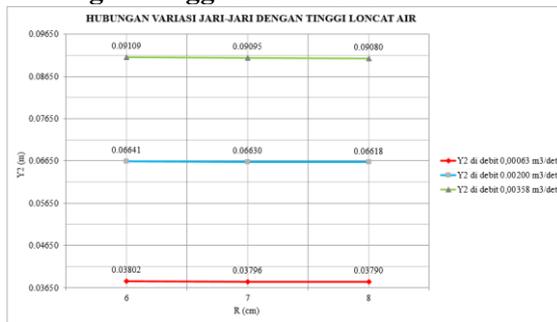


Gambar 11. Hubungan Antara Variasi Jari - jari (cm) dengan Panjang Loncatan Air (m)

Sumber : Pengolahan data 2021

Dari gambar di atas untuk panjang loncatan air (Lj) dapat dilihat bahwa setiap perubahan besarnya jari – jari mempunyai kenaikan dan juga pada gambar di atas yang menandakan jari – jari kolam olak yang efektif untuk pengurangan panjang loncatan air adalah jari – jari 6 cm dengan panjang loncatannya sebesar 0,150 m didebit 0,00063 m³/det ; 0,180 m didebit 0,00200 m³/det dan 0,240 m didebit 0,00358 m³/det, kemudian disusul jari – jari 7 cm dengan nilai 0,155 m didebit 0,00063 m³/det ; 0,235 m didebit 0,00200 m³/det dan 0,265 m didebit 0,00358 m³/det , lalu jari – jari 8 cm dengan nilai sebesar 0,160 m didebit 0,00063 m³/det ; 0,240 m didebit 0,00200 m³/det dan 0,275 m didebit 0,00358 m³/det.

• Analisis Pengaruh Variasi Jari – Jari dengan Tinggi Loncatan Air



Gambar 12. Hubungan Antara Variasi Jari - jari (cm) dengan Tinggi Loncatan Air (m)
 Sumber : Pengolahan data 2021

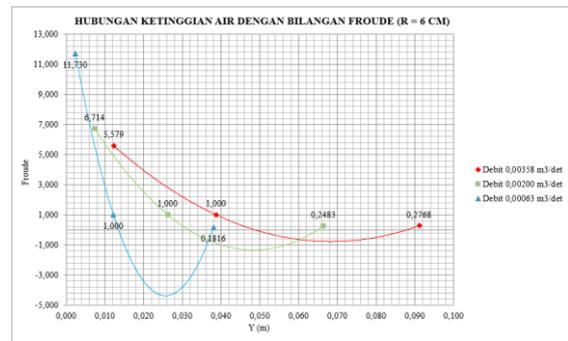
Dari gambar di atas menunjukkan hubungan antara variasi jari – jari dengan tinggi loncatan air, dimana semakin besar debit aliran maka tinggi loncatan juga semakin besar. Dari gambar di atas juga di dapat nilai tinggi loncatan yang terjadi pada debit 0,00358 m³/det, untuk jari – jari kolam olak 6 cm = 0,09109 m ; 7 cm = 0,09095 m ; 8 cm = 0,0908 m, pada debit 0,00200 m³/det, untuk jari – jari kolam olak 6 cm = 0,06641 m ; 7 cm = 0,06630 m ; 8 cm = 0,06618, dan pada debit 0,00063 m³/det, untuk jari – jari kolam olak 6 cm = 0,03802 m : 7 cm = 0,03796 m ; 8 cm = 0,03790 m. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan untuk jari – jari kolam olak yang paling efisien untuk mereduksi tinggi loncatan air adalah jari – jari 8 cm karena mempunyai tinggi loncatan yang paling rendah di setiap perubahan debit aliran.

• Hubungan Pengaruh Ketinggian Air dengan Bilangan Froude

Tabel 8. Bilangan Froude

jari - jari (cm)	debit (m ³ /det)	Yu (m)	Fr ₁	Y2 (m)	Fr ₂	Yc (m)	Fr _c
6	0,00358	0,012	5,579	0,0911	0,2768	0,039	1,000
	0,00200	0,007	6,714	0,0664	0,2483	0,026	1,000
	0,00063	0,002	11,730	0,0380	0,1816	0,012	1,000
7	0,00358	0,012	5,557	0,0909	0,2775	0,039	1,000
	0,00200	0,007	6,683	0,0663	0,2490	0,026	1,000
	0,00063	0,002	11,676	0,0380	0,1821	0,012	1,000
8	0,00358	0,012	5,535	0,0908	0,2781	0,039	1,000
	0,00200	0,007	6,653	0,0662	0,2496	0,026	1,000
	0,00063	0,002	11,622	0,0379	0,1826	0,012	1,000

Sumber : Pengolahan Data 2021

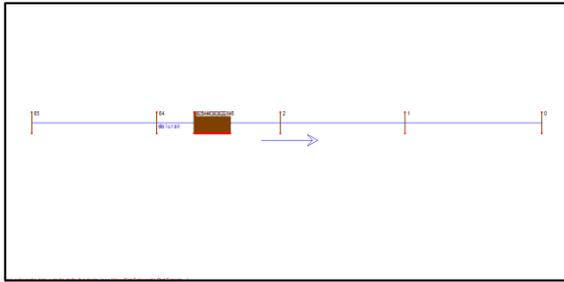


Gambar 13. Hubungan Ketinggian Air dengan Bilangan Froude
 Sumber : Pengolahan data 2021

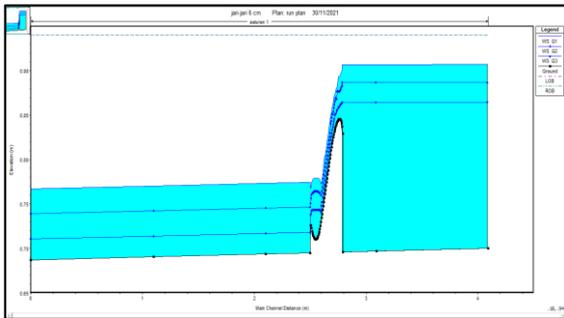
Angka froude bertujuan untuk mendapati dan memutuskan jenis aliran yang terjadi dalam saluran pada saat proses pengaliran. Melalui bilangan froude ini kita bisa mengklarifikasi karakteristik aliran, apakah superkritis atau subkritis. Berdasarkan grafik pada gambar 13 dapat dilihat hubungan kedalaman air dengan bilangan froude terjadi akibat adanya variasi debit aliran. Dari grafik, terlihat jika kedalaman air semakin bertambah dan kecepatan aliran yang semakin turun, maka besarnya bilangan froude juga semakin turun, kondisi ini adalah proses peralihan dari aliran superkritis menjadi aliran sub kritis dimana proses itu melewati titik kedalaman kritis / $Fr_c = 1$. Berdasarkan grafik, juga dapat diamati bahwa pada setiap bertambahnya debit, bilangan froude yang diperoleh semakin kecil. Bilangan froude maksimal terjadi pada debit terkecil dengan kedalaman 0,002 m dengan nilai froude 11,730 dan dari perubahan jari – jari untuk nilai bilangan froudenya memiliki kesamaan yaitu dari superkritis menjadi subkritis.

E. Data Pengujian HEC – RAS

Program HEC – RAS pada penelitian ini dilakukan dengan memasukkan data yang ada di laboratorium dengan input data berupa debit aliran, kemiringan saluran, geometri saluran dan panjang saluran. Analisis yang didapat berupa bentuk aliran yang terjadi pada masing – masing jari – jari dengan tiga variasi debit. Pada analisis HEC – RAS ini juga menghasilkan nilai kecepatan, tinggi muka air dan nilai froude. Berikut bentuk skema saluran dan bentuk aliran.



Gambar 14. Bentuk Skema Saluran
 Sumber : Hasil HEC-RAS 2021



Gambar 14. Bentuk Aliran
 Sumber : Hasil HEC-RAS 2021

F. Perhitungan Perencanaan Lapangan

Setelah dilakukan penelitian di laboratorium dan pemodelan pada aplikasi HEC – RAS kemudian dilakukan uji coba perencanaan perhitungan di lapangan dengan data perhitungan didasarkan pada penelitian di laboratorium. Untuk perencanaan di lapangan peneliti mengambil saluran irigasi di saluran kenari pakusari jember, dengan data yang di peroleh di lapangan sebagai berikut:

- a. Lebar saluran (B) = 0,40 m
- b. Tinggi Saluran (P) = 0,60 m
- c. Debit Aliran (Q) = 0,04 m³/det
- d. Kecepatan aliran (V) = 0,16 m/det

Dengan parameter hasil pengukuran di lapangan didapatkan hasil evaluasi perencanaan adalah sebagai berikut :

• Analisis Pengaruh Variasi Jari – Jari dengan Kecepatan Aliran

Dari hasil pengujian di lapangan untuk analisis pengaruh variasi jari – jari dengan kecepatan disajikan pada gambar grafik 15. dari gambar grafik dapat dilihat bahwa pada setiap pembesaran jari – jari untuk kecepatan yang terjadi juga menurun. Penurunan kecepatan terendah terjadi pada jari – jari 8 cm

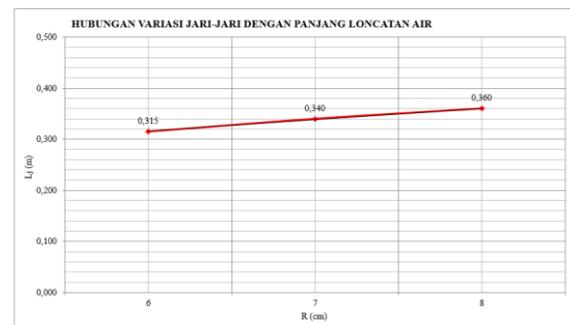
dengan nilai $V_1 = 0,208$ m/det ; $V_u = 2,698$ m/det ; dan $V_3 = 0,667$ m/det.



Gambar 15. Grafik Hubungan Antara Variasi Jari - jari (cm) dengan Kecepatan Aliran V (m/det) hasil uji lapangan
 Sumber : Pengolahan data 2021

• Analisis Pengaruh Variasi Jari – Jari dengan Panjang Loncatan Air

Hasil analisis pengaruh variasi jari – jari dengan panjang loncatan air yang telah dilakukan di lapangan dapat disimpulkan untuk setiap pembesaran jari – jari memiliki kenaikan pada panjang loncatan airnya. Untuk panjang loncatan air yang efektif untuk meredam panjang loncat air terjadi pada jari – jari 6 cm dengan nilai 0,315 m.



Gambar 16. Hubungan Antara Variasi Jari - jari (cm) dengan Panjang Loncatan Air (m) hasil uji lapangan
 Sumber : Pengolahan data 2021

• Analisis Pengaruh Variasi Jari – Jari dengan Tinggi Loncatan Air

Dari gambar grafik hasil pengujian di lapangan dapat dilihat bahwa setiap pembesaran jari – jari untuk nilai tinggi loncatan hasil yang di dapat juga semakin menurun. Jari – jari yang efektif dalam

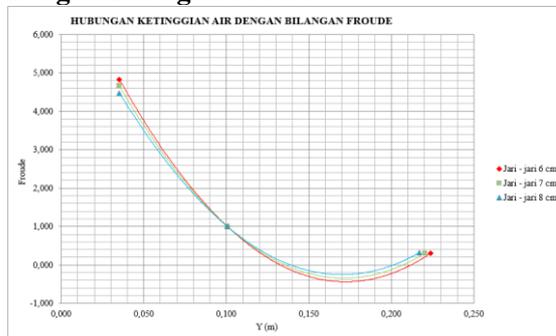
meredakan tinggi loncatan air adalah jari – jari 8 cm dengan nilai 0,217 m.



Gambar 17. Hubungan Antara Variasi Jari - jari (cm) dengan Tinggi Loncatan Air (m) hasil uji lapangan

Sumber : Pengolahan data 2021

• **Hubungan Pengaruh Ketinggian Air Dengan Bilangan Froude**



Gambar 18. Hubungan Ketinggian Air dengan Bilangan *Froude* hasil uji lapangan

Sumber : Pengolahan data 2021

Dari hasil uji lapangan untuk hubungan ketinggian air dengan bilangan *froude* disajikan pada gambar grafik 18 diatas, dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin kecil ketinggian air maka bilangan *froude* yang terjadi juga semakin membesar. Untuk bilangan *froude* maksimal terjadi pada jari – jari 6 cm dengan ketinggian air 0,035 m dengan nilai *froude* sebesar 4,832

G. Perbandingan Pemodelan di Laboratorium, Aplikasi HEC – RAS, dan Pemodelan di Lapangan

Tabel 9. Perbandingan Ketinggian Air, Bilangan *Froude* dan Kecepatan aliran pada Jari – jari 6 cm

Section	Debit m ³ /det	Tinggi Air (H) (m)			Froude			Kecepatan (v) (m/det)		
		Laboratorium	HEC - RAS	Lapangan	Laboratorium	HEC - RAS	Lapangan	Laboratorium	HEC - RAS	Lapangan
1	0.00358	0.190	0.210	0.480	0.092	0.077	0.095	0.125	0.110	0.208
	0.00200	0.170	0.190		0.060	0.051		0.078	0.070	
	0.00063	0.165	0.160		0.020	0.016		0.026	0.020	
2	0.00358	0.012	0.038	0.035	5.579	1.065	4.832	1.938	0.650	2.840
	0.00200	0.007	0.018		6.714	1.261		1.806	0.530	
	0.00063	0.002	0.008		11.730	1.303		1.786	0.365	
3	0.00358	0.019	0.067	0.110	0.277	0.456	0.302	0.262	0.370	0.909
	0.00200	0.014	0.047		0.248	0.398		0.200	0.270	
	0.00063	0.012	0.027		0.182	0.272		0.111	0.140	

Sumber : Pengolahan Data 2021

Tabel 10. Perbandingan Ketinggian Air, Bilangan *Froude* dan Kecepatan aliran pada Jari – jari 7 cm

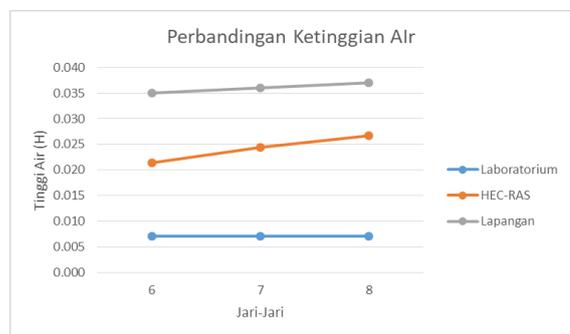
Section	Debit m ³ /det	Tinggi Air (H) (m)			Froude			Kecepatan (v) (m/det)		
		Laboratorium	HEC - RAS	Lapangan	Laboratorium	HEC - RAS	Lapangan	Laboratorium	HEC - RAS	Lapangan
1	0.00358	0.190	0.210	0.480	0.092	0.077	0.095	0.125	0.110	0.208
	0.00200	0.170	0.190		0.060	0.051		0.078	0.070	
	0.00063	0.165	0.160		0.020	0.016		0.026	0.020	
2	0.00358	0.012	0.041	0.036	5.557	1.009	4.655	1.933	0.640	2.770
	0.00200	0.007	0.021		6.683	1.190		1.800	0.540	
	0.00063	0.002	0.011		10.676	1.065		1.780	0.350	
3	0.00358	0.020	0.068	0.130	0.277	0.429	0.309	0.262	0.350	0.769
	0.00200	0.015	0.048		0.249	0.379		0.201	0.260	
	0.00063	0.013	0.028		0.182	0.248		0.111	0.130	

Sumber : Pengolahan Data 2021

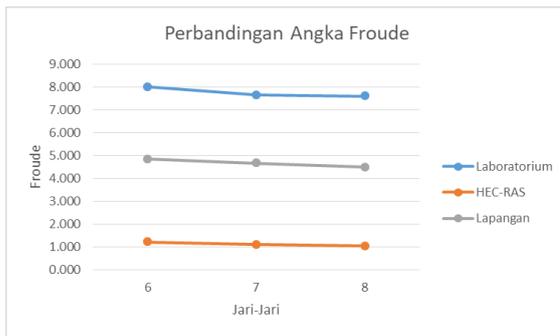
Tabel 11. Perbandingan Ketinggian Air, Bilangan *Froude* dan Kecepatan aliran pada Jari – jari 8 cm

Section	Debit m ³ /det	Tinggi Air (H) (m)			Froude			Kecepatan (v) (m/det)		
		Laboratorium	HEC - RAS	Lapangan	Laboratorium	HEC - RAS	Lapangan	Laboratorium	HEC - RAS	Lapangan
1	0.00358	0.190	0.210	0.480	0.092	0.077	0.095	0.125	0.110	0.208
	0.00200	0.170	0.190		0.060	0.051		0.078	0.070	
	0.00063	0.165	0.160		0.020	0.016		0.026	0.020	
2	0.00358	0.012	0.044	0.037	5.535	0.959	4.475	1.928	0.650	2.698
	0.00200	0.007	0.024		6.653	1.092		1.795	0.530	
	0.00063	0.002	0.012		10.622	1.006		1.775	0.345	
3	0.00358	0.021	0.069	0.150	0.278	0.413	0.316	0.263	0.340	0.667
	0.00200	0.016	0.049		0.250	0.361		0.201	0.250	
	0.00063	0.014	0.029		0.183	0.225		0.111	0.120	

Sumber : Pengolahan Data 2021



Gambar 19. Perbandingan Ketinggian Air
 Sumber : Pengolahan data 2021



Gambar 20. Perbandingan Angka Froude
 Sumber : Pengolahan data 2021



Gambar 20. Perbandingan Kecepatan Air
 Sumber : Pengolahan data 2021

Berdasarkan tabel dan grafik perbandingan di atas untuk pengujian di laboratorium, pemodelan aplikasi HEC – RAS dan pengujian di lapangan di dapatkan hasil yang serupa dimana pada setiap perubahan besar jari – jari untuk nilai tinggi air memiliki peningkatan, dimana penurunan terendah terjadi pada jari – jari 6 cm. Pada perbandingan bilangan *froude* juga memiliki hasil yang serupa dimana untuk nilai *froude* pada section 1 merupakan aliran subkritis, untuk section 2 merupakan aliran superkritis dimana nilai $Fr > 1$, dan untuk section 3 kembali lagi ke aliran subkritis. Pada perbandingan kecepatan juga demikian dimana pada setiap perubahan besar jari – jari untuk nilai kecepatan juga mengalami penurunan, dimana penurunan kecepatan terendah terjadi pada jari – jari 8 cm.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah semua data diolah dan dianalisa, ada empat kesimpulan dari penelitian ini sesuai dengan rumusan masalah yang ada, yaitu :

1. Pengaruh jari – jari kolam olak terhadap kecepatan aliran memiliki perubahan

dimana semakin besar jari – jari kolam olak maka kecepatan aliran juga semakin menurun. Penurunan kecepatan terendah terjadi pada jari – jari 8 cm

2. Pengaruh jari – jari terhadap panjang loncatan air memiliki perubahan dimana semakin besar jari – jari kolam olak maka loncatan air juga semakin panjang, dengan nilai jari – jari 6 cm – 7 cm menghasilkan jarak interval loncatan 0,028 m dan jari – jari 7 cm – 8 cm menghasilkan jarak interval loncatan 0,007 m.
3. Pengaruh jari – jari terhadap tinggi loncatan air memiliki perubahan dimana semakin besar debit aliran yang melewati bendung maka tinggi loncatan air juga semakin besar. Tinggi loncatan air (Y_2) yang memiliki rerata yang paling rendah adalah jari – jari kolam olak 8 cm dengan nilai 0,0650 m, kemudian disusul dengan jari – jari 7 cm = 0,0651 m dan jari – jari 6 cm = 0,0652 m.
4. Pengaruh tinggi air terhadap bilangan *froude* memiliki hubungan dimana semakin kecil bilangan *froude*, maka dipengaruhi dengan bertambahnya kedalaman air dan menurunnya kecepatan aliran air. Kemudian dengan bertambahnya debit, bilangan *froude* yang dihasilkan semakin kecil. Bilangan *froude* terbesar terjadi pada jari – jari 6 cm dengan debit terkecil 0,00063 m³/det pada kedalaman 0,002 m dengan nilai bilangan *froude* 11,730.

5.2 Saran

1. Penelitian ini diharapkan bisa dicoba dengan tipe bendung yang lain dan penggunaan kolam olak yang lain juga, sehingga dapat diketahui bentuk dan karakteristik aliran yang ideal dari masing masing perubahan bentuk tersebut.
2. Diperlukan adanya perubahan alat *open flume* dan perubahan pada pengaturan variasi debit, sehingga dapat lebih mudah dan lebih teliti lagi dalam melakukan pengamatan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1986. *Standart Perencanaan irigasi KP – 02*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta

Anonim. 1986. *Standart Perencanaan irigasi KP – 03*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta

Bambang Triatmodjo, 1993, *Hidraulika I*, Beta Ofset, Yogyakarta

Bambang Triatmodjo, 1993, *Hidraulika II*, Beta Ofset, Yogyakarta

Peterka, A.J. (1974). *Hidrolics Design Of Stilling Basin And Energy Dissipaters*. United States Departement Of Interior, Bureau Of Reclamation. Denfer, Colorado.

French, W.L., dkk. (1985). *Understandig Human Behavior in Organizations*. New York: Harper & Row Publishers.

Pearson et.al, 1995; Pedahzur et.al, 1993; Vega et.al, 2001; Xianghua and Desain Bangunan Penangkap Sedimen dengan Teknologi Baffle (Sekat).

Chow, V.T. (1992). *Hidrolika Saluran Terbuka*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Jurnal Pengaruh Aliran Terhadap Kolam Olakan Akibat Loncatan Hidrolik. (2018)

Jurnal Pengaruh Variasi Jari – jari Kolam Olak Tipe Trajectory Bucket Terhadap Loncatan Hidrolis Dan Peredaman Energi Pada Spillway Tipe Ogee. (2016)