

PERBANDINGAN ENERGI AIR MELALUI SPILLWAY BERSALURAN PELUNCUR LURUS DAN PELUNCUR BERTANGGA DI KOLAM OLAK (THE COMPARISON OF WATER ENERGY AT CONVENTIONAL SPILLWAY AND STEPPED SPILLWAY AT STILLING BASIN)

Ermita Syafrinda, Entin Hidayah, Wiwik Yunarni

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember (UNEJ)

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

E-mail: ermita.syafrinda@gmail.com

Abstrak

Kolam olak memiliki fungsi sebagai peredam energi dari air yang melimpas melalui saluran peluncur agar bendung tidak terkikis sehingga konstruksinya tetap kokoh. Oleh karena itu dilakukan alternatif percobaan terhadap pencegahan besarnya energi di kolam olak agar tidak terjadi penggerusan. Peredaman energi ini dapat dilakukan dengan memecah energi secara bertahap sebelum mencapai kolam olak, yaitu menggunakan pelimpah beranak tangga. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan energi pada pelimpah lurus dan anak tangga di kolam olak dengan kemiringan 1:0,5. Pelimpah tersebut memiliki tinggi 16 cm, lebar 8 cm dan tebal 7,5 cm dengan jumlah anak tangga 2, 4, 8, 16 dan 32 dengan 5 variasi debit dan dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali. Berdasarkan nilai Froude yang sudah terhitung, kolam olak yang dipakai pada peluncur lurus yaitu USBR-III dengan $Fr \geq 4,5$ dan untuk peluncur bertangga menggunakan kolam olak USBR-IV dengan $2,5 < Fr \leq 4,5$.

Kata Kunci : Kolam Olak, Pelimpah Bertangga.

Abstract

Stilling basin has a function as the energy reducer from the abundant water through the spillway to weirs are not destruction so that construction remains solid. Therefore conducted an experimental alternative to the prevention of the magnitude of the energy in the stilling basin so that endsill not happening. This energy attenuation can be done by breaking the energy before reaching stilling basin, so that we using the stepped spillway. The purpose of this research is to know the comparison of energy on conventional spillway and stepped spillway at stilling basin with slope 1: 0.5. The spillways has a height of 16 cm, width 8 cm and thick 7,5 cm with a number of steppeds 2, 4, 8, 16 and 32 with 5 variations of discharge in 5 times. Based on the value of Froude, stilling basin with conventional spillway used USBR-III with $Fr \geq 4.5$ and steppeds spillways used USBR-IV with $2,5 < Fr \leq 4,5$.

Key words : Stilling Basin, Stepped Spillway.

PENDAHULUAN

Debit air yang tinggi akan menghasilkan energi yang tinggi juga. Hal ini dapat membahayakan kekuatan konstruksi bendung. Guna meredusir energi yang terdapat didalam aliran tersebut, maka diujung hilir saluran peluncur biasanya dibuat suatu bangunan yang disebut Kolam olak yang berfungsi sebagai peredam energi dari air yang melimpas melalui saluran peluncur agar bendung tidak terkikis sehingga konstruksinya tetap kokoh.

Peredaman energi ini dapat dimaksimalkan dengan memecah energi secara bertahap sebelum mencapai kolam olak, yaitu menggunakan *spillway* beranak tangga.

Sigit Marwanto dkk meneliti dengan model anak tangga berkemiringan 1:1; 1:0,5; dan 1:0,75 dengan jumlah anak tangga 2, 4, 8, 16, dan 32 buah. Dan Nadjadi Anwar dkk menggunakan model anak tangga dengan kemiringan 1:1,5 dengan jumlah anak tangga 2, 4, 8, 16 dan 32 buah. Kedua penelitian ini mengamati pengaruh jumlah tangga terhadap peredaman energi tanpa menggunakan bangunan peredam energi.

Dalam penelitian ini menggunakan model anak tangga dengan kemiringan 1: 0,5 dengan jumlah anak tangga 2, 4, 8, 16 dan 32 buah dan kolam olak.

TUJUAN PENELITIAN

- Mengetahui besar debit rata-rata dari seluruh percobaan.
- Memberikan gambaran penurunan energi yang terjadi pada *spillway* bersaluran lurus terhadap peluncur anak tangga.
- Mengetahui *dissipation* energi terbesar dan faktor yang mempengaruhinya.

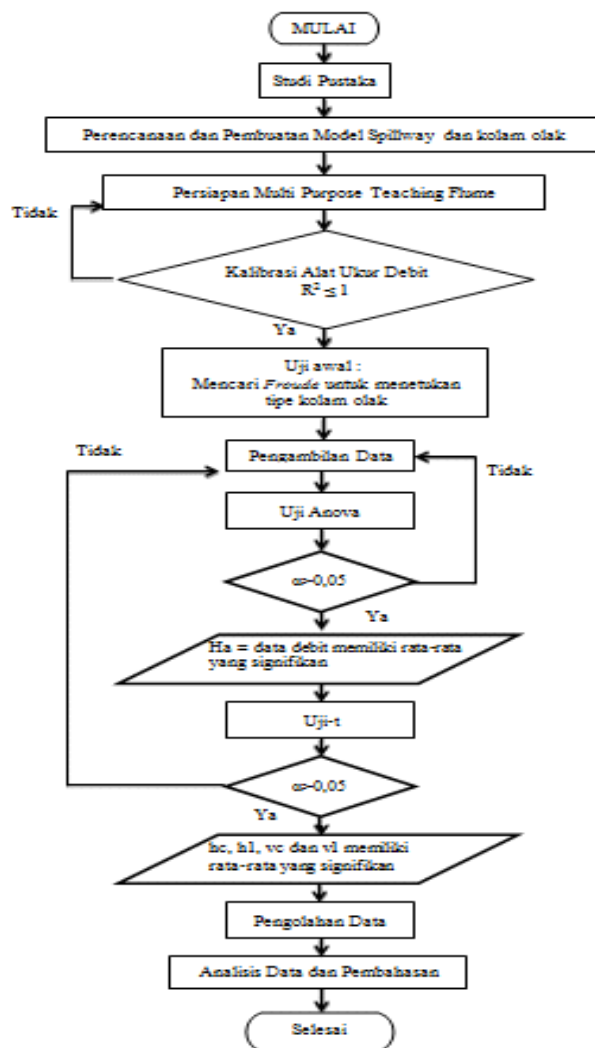
METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen.. Bentuk saluran peluncur pelimpah (*spillway*) yang akan diuji adalah pelimpah berpeluncur lurus dan berkaki tangga 2,4,8,15 dan 32. Uji model fisik hidraulik dilakukan di laboratorium dengan tinggi pelimpah 16 cm, panjang 8 cm dan tebal 7,5 cm dengan 5 variasi debit tiap pelimpah. Tiap variasi debit dilakukan pengulangan percobaan sebanyak 5 kali untuk data pengujian statistik untuk mencari simpangan rata-ratanya. Data yang diambil dari penelitian ini yaitu data debit, kedalaman kritis (h_c) dan kedalaman di kaki pelimpah (h_1). Dari data tersebut kemudian dicari perbedaan energi yang terjadi antara pelimpah berpeluncur lurus dengan pelimpah berkaki tangga..

Langkah Pengolahan Data

- Mengkalibrasi alat ukur debit.
- Uji awal
 - *Froude*
 - Desain kolam olak
- Skala model.
- Mencari besar debit rata-rata.
- Mencari V_c , V_1 , H_c dan H_1 rata-rata.
- Menganalisa regim aliran.
- Menghitung bilangan *Froude* untuk mengetahui karakteristik aliran.
- Menghitung energi.
- Menghitung *dissipation* energi.

Diagram Alir Penelitian



Hasil Penelitian dn Pembahasan

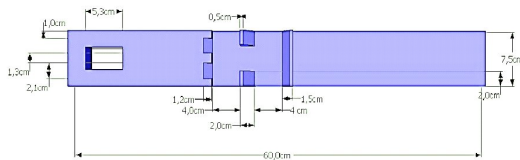
Kalibrasi alat ukur debit bertujuan untuk mencari perbandingan debit di *hydraulic bench* dengan debit yang keluar dari saluran langsung. Sesuai dengan grafik, diperoleh persamaan $y = 0,940x + 18,53$ dengan nilai $R^2 = 0,994$. Nilai ini mendekati 1, artinya alat ukur debit di *hydraulic bench* dapat digunakan.

Uji Awal

Penelitian ini menggunakan kolam olak sebagai benda uji, data yang dipakai untuk menentukan kolam olak adalah bilangan froude terbesar.

- Peluncur Lurus

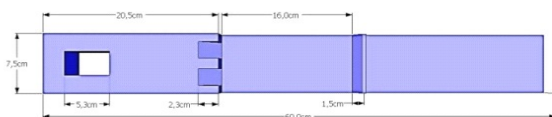
Q (cm ³ /dtk)	V1 (m/dtk)	cm/dtt	H1 (cm)	Energi	fr
446.027	3.500	97.222	0.200	481.961	6.941
838.190	3.800	105.556	0.400	568.289	5.329
1054.938	4.100	113.889	0.500	661.595	5.142
1373.664	4.200	116.667	0.600	694.337	4.809



Fr ≥ 4,5 maka dipakai kolam olak USBR III

- Peluncur bertangga

Q (cm ³ /dtk)	V1 (m/dtk)	cm/dtt	H1 (cm)	Energi	fr
446.027	2.100	58.333	0.200	173.634	4.165
838.190	2.400	66.667	0.500	227.026	3.010
1054.938	2.900	80.556	0.500	331.244	3.637
1373.664	3.100	86.111	0.700	378.637	3.286



2,5 < Fr ≤ 4,5 maka dipakai kolam olak USBR IV

Skala Laboratorium

Skala laboratorium dilakukan untuk mendapatkan informasi yang mendekati kebenaran sebelum memulai melaksanakan pekerjaan yang sesungguhnya. Dengan demikian dapat memberikan perbandingan pemodelan benda uji.

	LABORATORIUM	LAPANGAN
Tinggi Bendung	16 cm	8 m
Lebar Bendung	7,5 cm	3,75 m
Tinggi Tangga	8 cm	4 m
	764,4	
Debit	5 cm ³ /detik	203,289 m ³ /detik
Kecepatan	6,7 cm/detik	0,0181 m/detik
Kedalaman	2,2 cm	1,1 m
Froude	0,144	0,144
Energi	4,488 cm	2,244 m
Panjang Olakan	16 cm	8 m
Lebar blok muka 1	1,1 cm	0,66 m
Lebar blok muka 2	1,4 cm	0,65 m
Panjang blok muka 2	2,3 cm	1,15 m
Jarak antar blok muka	2,1 cm	1,05 m
Tinggi ambang bergigi	2,5 cm	1,25 m

Penentuan Besar Debit Rata-Rata

Dari hasil penelitian, didapatkan 30 data untuk setiap bukaan, Untuk mengetahui akurat atau tidaknya data tersebut, dapat diketahui dengan uji statistik anova. Penelitian ini memiliki variabel terikat yaitu debit dan variabel bebas yaitu jenis pelimpah.

Bukaan	P	St. Dev	Rata-rata
1	0.294	3.04	212.07
2	0.092	22.86	405.07
3	0.993	238.3	764.45
4	0.97	370.4	1149.98
5	0.991	422.3	1279.66

Derajat kepercayaan yang digunakan 0,05%. Dan semua nilai P dalam seluruh bukaan adalah lebih besar dari 0,05%. Itu berarti data debit memiliki perbedaan rata-rata yang tidak signifikan dan data tersebut dapat dipakai.

Penentuan hc, h1, vc, dan v1 Rata-rata

Dalam penelitian ini menggunakan 5 data untuk setiap jenis bukaan. Untuk mengetahui akurat atau tidak data tersebut maka diperlukan pengujian data tersebut lebih lanjut dengan statistic uji t. Uji t dipakai untuk mendapatkan rata-rata dari sebuah data yang memiliki jumlah 5 buah atau lebih kecil dari 30. Dan derajat kepercayaan yang dipakai adalah 0,05%.

Dari hasil uji t yang dilakukan, nilai P lebih besar dari 0,05. Maka dari itu data pengamatan kecepatan dan kedalaman dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya karena memiliki perbedaan rata-rata yang tidak signifikan.

Regim Aliran

Dalam penelitian ini terjadi regim aliran *nappe flow*, *skimming flow* dan *transition flow*.

Debit (cm ³ /detik)	Lurus	N=2	N=4	N=8	N=16	N=32
212.07	S	N	N	N	N	N
405.07	S	N	N	T	T	T
764.45	S	T	T	S	S	S
1149.98	S	S	S	S	S	S
1279.66	S	S	S	S	S	S

Keterangan : S = *Skimming*, T = *Transition*, N = *Nappe*.

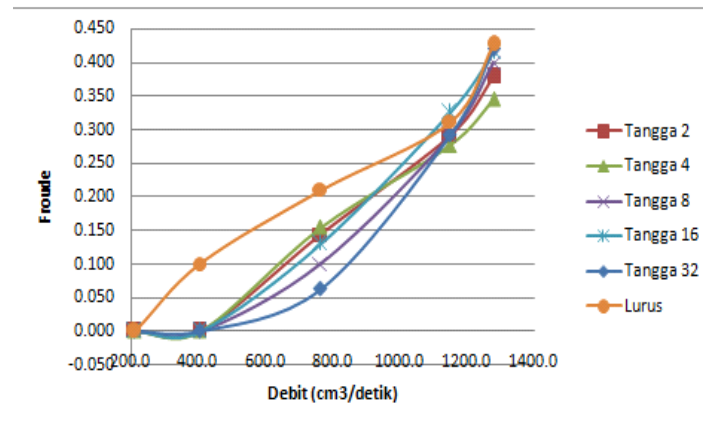
Nappe flow adalah aliran dengan loncatan hidrolis pada tiap anak tangga terjadi untuk aliran yang relatif rendah. Untuk *skimming flow* dengan loncatan hidrolis tanpa membentur anak tangga terjadi pada debit yang sedikit besar dari aliran *nappe*. Sedangkan regim aliran yang disebabkan adanya perubahan aliran *nappe flow* ke *skimming flow* disebut *transition flow*.

Analisis Bilangan Froude

Bilangan Froude (Fr) adalah parameter berdimensi digunakan dalam kaitannya dengan karakteristik aliran. $Fr = 1$

untuk kondisi aliran kritis. Hal ini dapat diperluas untuk memberikan hasil berikut untuk $Fr < 1$, aliran subkritis; $Fr = 1$, aliran sangat kritis dan $F > 1$, aliran superkritis.

Debit (cm ³ /detik)	Froude					
	Lurus	N=2	N=4	N=8	N=16	N=32
212.07	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
405.07	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
764.45	0.211	0.144	0.155	0.100	0.130	0.063
1149.98	0.312	0.291	0.277	0.292	0.326	0.292
1279.66	0.427	0.379	0.345	0.399	0.415	0.420

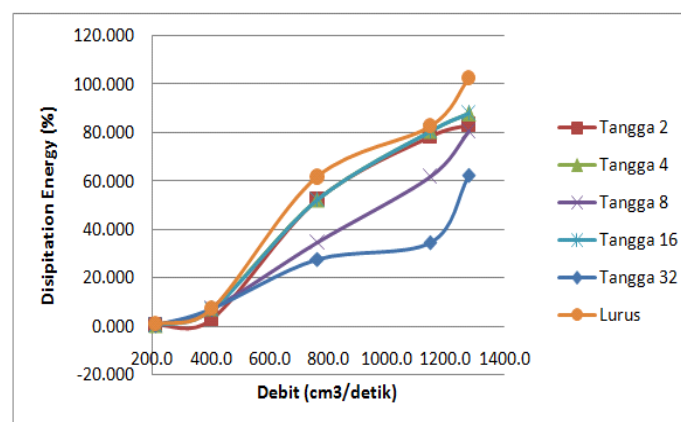


Karena peredaman energi berbanding terbalik dengan bilangan *froude* maka semakin tinggi nilai *h* semakin kecil bilangan *froude* yang dihasilkan. Bilangan *froude* pada peluncur lurus pada debit 1279,66 cm³/dtk paling besar yaitu 0,427 dikarenakan tidak berkaki tangga sehingga aliran air yang jatuh tidak teredam, lalu disusul dengan peluncur bertangga 32 sebesar 0,420; peluncur bertangga 16 sebesar 0,415; tetapi nilai Froude dari hasil penelitian ini pada tangga 2 lebih besar dari tangga 4 yaitu 0,379 dan 0,345.

Analisis Energi

Analisis tinggi energi dilakukan untuk mengetahui besar energi yang terjadi pada saluran peluncur lurus dan bertangga.

Debit (cm ³ /detik)	Energi					
	Lurus	N=2	N=4	N=8	N=16	N=32
212.065	0.940	0.760	0.760	0.760	0.500	0.600
405.072	7.312	3.285	7.312	7.312	7.192	7.292
764.452	61.710	52.490	52.350	34.687	52.150	27.644
1149.976	83.009	78.722	80.720	62.050	80.800	34.908
1279.664	102.416	83.329	87.883	80.698	87.963	62.468

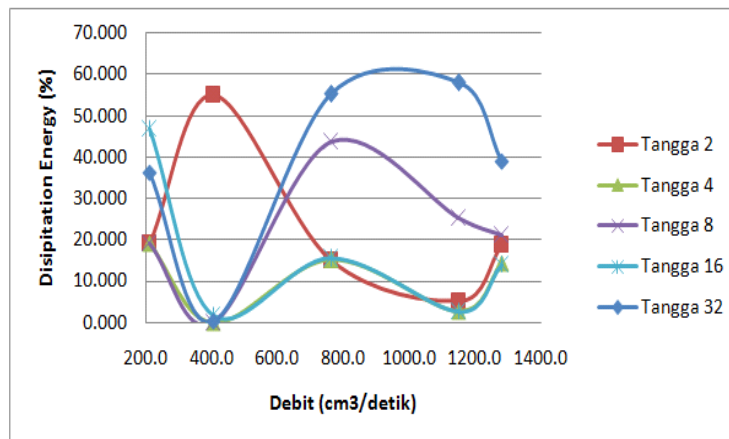


Semakin besar debit maka energi yang dihasilkan juga semakin besar. Dapat dilihat dari gambar 4.5. bahwa energi paling besar terjadi pada peluncur lurus, hal ini dikarenakan pada pelimpah lurus tidak memiliki anak tangga yang dapat meredam energi. Peluncur anak tangga 32 menghasilkan energi paling kecil dibandingkan dengan peluncur lainnya.

Analisis Dissipation Energi

Analisis *dissipation* energi bertujuan untuk mengetahui besar energi yang hilang akibat perbedaan tipe saluran peluncur. *Dissipation* energi ini akan dibandingkan antara saluran peluncur lurus dengan saluran peluncur bertangga.

Debit (cm ³ /detik)	Dissipation Energy (%)				
	N=2	N=4	N=8	N=16	N=32
212.065	19.149	19.149	19.149	46.809	36.170
405.072	55.070	0.000	0.002	1.641	0.274
764.452	14.941	15.167	43.790	15.492	55.204
1149.976	5.165	2.758	25.250	2.662	57.947
1279.664	18.637	14.191	21.206	14.112	39.005



Prinsip *dissipation* energi pada pelimpah berkaki tangga adalah ukuran geometri pelimpah (tinggi pelimpah, kemiringan pelimpah, tinggi tangga dan panjang tangga) dan parameter hidrolisnya (debit dan kecepatan aliran). (Ahadian dan Aghamajidi, 2014). Semakin besar *dissipation* maka makin bagus, dikarenakan semakin besar selisih tinggi energinya. Pada gambar diatas, *dissipation* terbesar terjadi pada peluncur bertangga 32 pada debit 1149,976 cm³/dtk yaitu sebesar 57,947%. Hal ini dapat dikarenakan besarnya debit yang terjadi dan sedikitnya energi yang teredam pada peluncur bertangga 32.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari Perhitungan dan analisa dalam pembahasan sebelumnya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Besarnya debit rata-rata yang diperoleh dari 6 percobaan untuk setiap bukaan kran air 1, 2, 3, 4, dan 5 adalah secara berturut 212,07 cm³/dtk, 405,07 cm³/dtk, 764,45 cm³/dtk, 1149,98 cm³/dtk dan 1279,66 cm³/dtk
- Energi paling besar terjadi pada peluncur lurus. Sedangkan peluncur anak tangga 32 menghasilkan energi paling kecil dibandingkan dengan peluncur lainnya dikarenakan energi yang sudah diredam oleh kolam olak diredam lagi dengan adanya peluncur berkaki tangga, bisa dilihat dari hasil analisa *froude*, peluncur lurus memiliki bilangan *froude* paling besar yaitu 0,427 dibandingkan dengan peluncur bertangga. Dan pada analisa energi peluncur lurus juga memiliki energi yang paling besar dibandingkan peluncur bertangga yaitu sebesar 102,416.
- Dissipation* terbesar terjadi pada peluncur bertangga 32 pada debit 1149,976 cm³/dtk yaitu sebesar 57,947%. Hal ini dapat dikarenakan besarnya debit yang terjadi dan sedikitnya energi yang teredam pada peluncur bertangga 32. Prinsip *dissipation* energi pada pelimpah berkaki tangga adalah ukuran geometri pelimpah (tinggi pelimpah, kemiringan pelimpah, tinggi tangga dan panjang tangga) dan parameter hidrolisnya (debit dan kecepatan aliran). Semakin besar *dissipation* maka semakin bagus, dikarenakan semakin besar selisih tinggi energinya.

Berdasarkan kesimpulan diatas, Perlu penelitian dengan pompa dan *flume* dengan volume yang lebih besar untuk mencegah meluapnya air pada saat pengujian dengan debit yang besar dan data yang didapatkan lebih banyak, Perlu dilakukan penelitian dengan variasi kemiringan bendung sehingga dapat terlihat perbedaan aliran dan *dissipation* yang terjadi, Perlu dilakukan penelitian dengan membandingkan tanpa menggunakan kolam olak agar dapat lebih mengetahui efisiensi energi yang terjadi

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Embung Wonosari.” Jurnal, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Ahadian J dan Aghmajidi R. 2014. *Investigation of Geometric Effects of Steps on energy dissipation on Stepped Spillway (Journal). Applied mathematics in Engineering, Management and Technology 2 (2) 2014:491-503* www.amiemt-journal.com
- Anwar, N., Edijatno., Kusumawati, S., Maulana, M.A., dan Dermawan, V. *Pengaruh Jumlah Anak Tangga Terhadap Kondisi Hidraulika Aliran pada Pelimpah Bertangga Kemiringan 1:1,5*. Jurnal, Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.
- Budinetro H.S., Abdurrosyid J., Praja T.A., dan Rahayu S. “Bangunan Pelimpah Kolam Olak Tipe Solid Roller Bucket dan Baffle Block di
- Marwanto, S., Wicaksono. P.H., dan Sisinggih, D. *Pengaruh Perubahan Jumlah Tangga Terhadap Peredaman Energi dan Perubahan Kadar Oksigen Terlarut pada Saluran Curam Berterap (Chuted)*. Jurnal, Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.