

# KAJIAN SIFON PELIMPAH DENGAN MERCU TIPE BULAT 2R TERHADAP PEREDAMAN ENERGI DAN PANJANG LONCATAN DIBANDINGKAN DENGAN PELIMPAH BIASA MERCU BULAT TIPE 2R

Jaji Abdurrosyid<sup>1</sup>, Ingrid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

<sup>1</sup>Email: ja199@ums.ac.id

## Abstrak

*Bendung memiliki peran penting dalam mengatur aliran saat terjadi banjir di musim penghujan agar air tidak langsung mengalir dalam jumlah besar dan mengakibatkan banjir. Efek dari adanya bendung yaitu peninggian muka air pada hulu mengakibatkan adanya aliran deras super-kritis kemudian menjadi sub-kritis di bagian hilir bendung. Perubahan aliran tersebut menimbulkan loncatan air atau hydraulic jump sehingga perlu adanya kolam olak dimana prinsip peredaman energinya yang sebagian besar terjadi akibat proses gesekan di antara molekul-molekul air sehingga timbul olakan di dalam kolam. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh bentuk mercu 2R terhadap panjang loncatan ( $L_j$ ) dan kehilangan energi ( $hf$ ) pada bendung sipon dengan kolam olak USBR-I dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan bentuk mercu yang sama. Metode pengumpulan data menggunakan cara observasi lapangan dan data sekunder. Dari hasil analisa perhitungan menunjukkan bahwa besar nilai korelasi kehilangan energi ( $hf$ ) lebih kecil yaitu  $0,7964 < 0,9917$  dapat disimpulkan bahwa bendung pada penelitian sebelumnya lebih efektif dalam peredaman energi. Selain itu dari hasil analisa perhitungan panjang loncat air ( $L_j$ ) menunjukkan bahwa nilai korelasi pada aliran freeflow lebih besar dibandingkan pada aliran submerged sebesar  $0,9986 > 0,9822$ .*

**Kata Kunci:** bendung, mercu, sifon pelimpah, kehilangan energi, loncatan air, aliran air.

## Pendahuluan

Berdasarkan penjelasan UU RI Nomor 17 Tahun 2019, air merupakan kebutuhan dasar hidup manusia yang dikaruniakan oleh Tuhan Yang Maha Esa bagi seluruh bangsa Indonesia. Keberadaan air erat hubungannya dengan kondisi cuaca suatu daerah sehingga ketersediaan air tidak merata setiap waktu dan setiap wilayah oleh karena itu perlu adanya pengelolaan sumber daya air yang utuh dari hulu sampai ke hilir. Sejalan dengan meningkatnya taraf hidup manusia, maka kebutuhan air juga ikut meningkat. Penggunaan air pada umumnya diperuntukkan sebagai air minum, keperluan rumah tangga, industri, pengairan, perikanan, pertanian, dan lain-lain (Susana, 2003; UU no 17 tahun 2019).

Beberapa daerah di Indonesia sering terjadi kekurangan air bersih akibat sering terjadi kekeringan terutama pada kebutuhan irigasi mengingat Indonesia merupakan salah satu negara agraris terbesar di dunia (Abdurrosyid, Purwanto, dan Renaningsih, 2021) oleh karena itu diperlukan adanya pengelolaan sumber daya air. Pengelolaan dimulai dari bagaimana menyediakan air bersih yang adil dan merata (Wulandari dan Ilyas 2019) dengan membangun konstruksi bendung pada sungai untuk mengatur efisiensi air yang mengalir dari hulu ke hilir (Abdurrosyid, Purwanto, dan Renaningsih 2021).

Bendung, salah satu bentuk upaya dalam pengelolaan sumber daya air adalah bangunan air yang dibangun melintasi sungai atau saluran untuk meninggikan taraf muka air sungai dengan puncak bendung yang berfungsi untuk melepaskan air dari bagian hulu bendungan sehingga dapat dialirkan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkan (Bargess, Lesmana, dan Tallar 2009). Bendung memiliki peran penting dalam mengatur aliran saat terjadi debit banjir di musim penghujan agar air tidak langsung mengalir dalam jumlah besar dan mengakibatkan banjir, serta pada musim kemarau supaya daerah di sekitar aliran sungai tidak mengalami kekeringan (Abdurrosyid, Purwanto, dan Renaningsih 2021).

Peninggian muka air pada hulu bendung mengakibatkan adanya aliran deras (super-kritis) di bagian hilir bendung (sub-kritis) karena perbedaan tinggi energi yang akan menimbulkan loncatan air (*hydraulic jump*) sehingga perlu adanya peredam energi berupa kolam olak (Abdurrosyid dan Muttaqin 2020; Abdurrosyid dan Wibowo 2006). Kolam olak merupakan bangunan peredam energi berbentuk kolam dimana prinsip peredam energinya yang sebagian

besar terjadi akibat proses gesekan di antara molekul-molekul air sehingga timbul olak-olakan di dalam kolam (Wigati, 2014; Abdurrosyid dan Joned, 2013; Abdurrosyid dan Ardian, 2013).

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk mercu 2R terhadap panjang loncatan dan kehilangan energi pada sifon dengan kolam olak USBR-I dengan variasi debit air dibandingkan hasilnya dengan pelimpah biasa mercu bulat tipe 2R.

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut: a).Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan alat saluran *Flume* dari bahan *Flexy glass* yang menjadi saluran terbuka dengan dimensi ukuran 30 cm x 60 cm x 1000 cm. b). Kekasaran pada model saluran diabaikan. c).Kekentalan kinematik sepanjang saluran dianggap sama. d).Kemiringan dasar saluran 0,0006. e).Jenis aliran adalah aliran tetap seragam (steady uniform flow). f). Menggunakan bendung dengan bentuk mercu tipe bulat 2 jari-jari. g). Panjang jari-jari R2 adalah dua kali panjang jari-jari R1. h).Tinggi dan lebar mercu bendung konstan. i).Benda uji terbuat dari bahan kayu dengan kekasaran yang diabaikan. j). Pengamatan dilakukan setelah aliran stabil.

## Landasan Teori

### Aliran di Bendung

Aliran saluran terbuka harus memiliki permukaan bebas (*free surface*) yang dipengaruhi oleh tekanan udara atau disebut juga tekanan atmosfer kecuali oleh tekanan hidrolis. (Triatmojo, 1995: Chow, 1985).

### Bilangan Froude

Akibat gaya tarik bumi terhadap keadaan aliran dinyatakan dengan perbandingan gaya inersia dengan gaya tarik bumi. Perbandingan ini ditetapkan sebagai bilangan *Froude* (Triatmojo, 1995: Chow, 1985).

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad (1)$$

dengan:

Fr: bilangan *froude*

v : kecepatan aliran rata-rata (m/dt)

g : percepatan gaya gravitasi bumi (m/dt<sup>2</sup>)

h : kedalaman aliran (m)

### Energi Spesifik

Energi spesifik pada suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi tiap satuan berat pada setiap penampang saluran diukur terhadap dasar saluran (Anggraini, 1997; Triatmojo, 1995: Chow, 1985; Prasetyo, 2016).

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

dengan :

$E_s$  : energi spesifik (m)

d : kedalaman (m)

g : gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

v : kecepatan rata-rata aliran (m/dt)

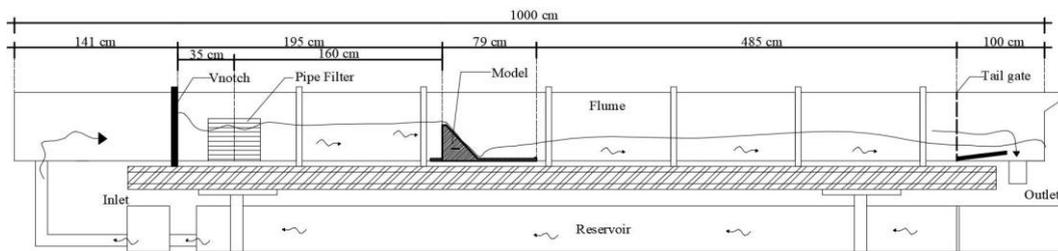
$\theta$  : Kemiringan (<sup>0</sup>)

## Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan alat saluran *Flume* dari bahan *Flexy glass* yang menjadi saluran terbuka dengan dimensi ukuran 30 cm x 60 cm x 1000 cm.

Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah observasi lapangan yaitu pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala yang tampak pada objek penelitian, dan data sekunder yaitu data yang diambil dari sumber tertentu dan tidak perlu diolah kembali berupa studi literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Sketsa potongan memanjang flume dengan model :



a. Potongan memanjang *recirculating flume*



b. Flume Inlet



c. Flume Outlet

Gambar 1. Saluran *recirculating flume*

Model bendung/pelimpah sifon dengan jari-jari  $2R$  :



Gambar 2. Tampang memanjang model sifon pelimpah



Gambar 3. Tampak belakang dan depan model sifon pelimpah

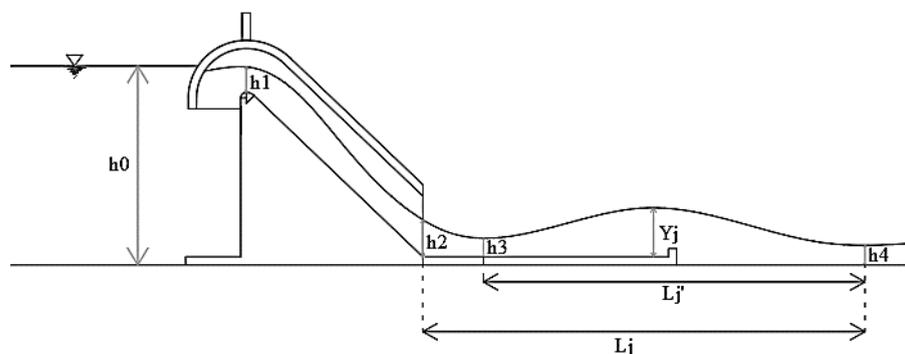
Analisis penelitian perlu dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian supaya mendapatkan hasil sesuai dengan rumusan dan tujuan penelitian. Sebelum memulai analisa diperlukan deskripsi tentang bendung sifon yang sedang diteliti setelah itu dilakukan analisa kehilangan energi dan panjang loncatan air yang terjadi pada sifon.

**Hasil dan Pembahasan**  
**Mercu Bulat**

Bendung atau disebut pelimpah merupakan bangunan air yang berfungsi untuk menaikkan muka air yang juga dimanfaatkan untuk menampung air pada waktu musim penghujan dan kemarau dan membelokkannya ke jaringan irigasi (KP Irigasi no 4 - Bangunan, 1986; KP Irigasi no 2 – Bangunan Utama, 1986 ) Terdapat berbagai macam pelimpah yang secara umum dibedakan berdasarkan bentuk mercu. Bentuk mercu tipe bulat memiliki harga koefisien debit jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bendung ambang lebar (Mays, 1999; Barges dkk, 2009, Peterka, 1974)

**Analisis Kedalaman Aliran**

Penelitian dilakukan di beberapa titik pengamatan dan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. Titik-titik yang diukur

Hasil pengukuran dari titik-titik tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Kedalaman air *freeflow*

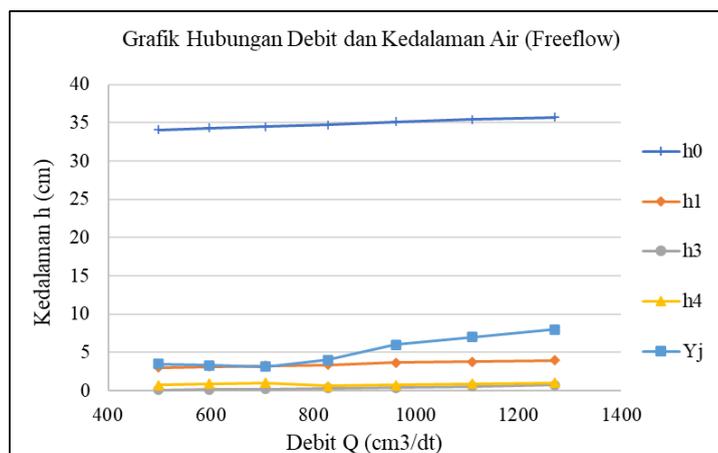
No	Q	b	h <sub>0</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	Y <sub>j</sub>
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	498,24	30,0	34,1	3	0,1	0,7	3,5
2	596,77	30,0	34,3	3,1	0,2	0,9	3,3
3	706,16	30,0	34,5	3,25	0,2	1	3,1
4	828,19	30,0	34,7	3,4	0,3	0,6	4
5	960,61	30,0	35,2	3,7	0,4	0,75	6
6	1108,78	30,0	35,4	3,8	0,55	0,9	7
7	1270,32	30,0	35,7	4,0	0,7	1	8

Tabel 2. Kedalaman air *submerged*

No	Q	b	h <sub>0</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	498,24	30,0	34,3	2,8	6,5	7,4
2	596,77	30,0	34,4	2,9	6,3	7,0
3	706,16	30,0	34,4	2,9	6,7	6,5
4	828,19	30,0	34,5	3,0	6,25	6,6
5	960,61	30,0	34,9	3,4	6,2	6,7
6	1108,78	30,0	35,0	3,5	6,5	6,65

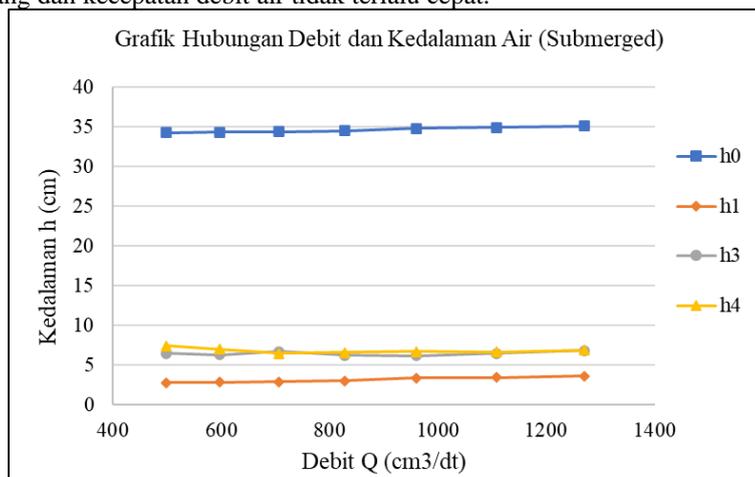
No	Q	b	h <sub>0</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
7	1270,32	30,0	35,1	3,6	6,8	6,9

Variasi debit aliran (Q) dan perubahan jenis aliran yang terjadi juga mempengaruhi besar kecilnya tinggi muka air, sehingga hubungan antara debit arus dan kedalaman air ditunjukkan pada grafik di bawah ini. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya pelimpah tanpa sifon bahwa pada debit yang cukup besar perubahan grafik tidak smoot seperti pada Gambar 1 melainkan patah-patah dan cukup terjal perubahannya.



Gambar 5. Hubungan Variasi Debit Q (cm<sup>3</sup>/dt) dan Kedalaman Aliran h (cm) aliran *freeflow*

Dari hasil penelitian diperoleh nilai h<sub>4</sub> yang mengalami peningkatan dan penurunan akibat adanya *end sill* pada kolam olak dimana air tergenang dan kecepatan debit air tidak terlalu cepat.



Gambar 6. Hubungan Variasi Debit Q (cm<sup>3</sup>/dt) dan Kedalaman Aliran h (cm) aliran *submerged*

Pada aliran *submerged* kedalaman air (h) meningkat akibat tidak adanya *hydraulic jump* karena *end sill* terendam sepenuhnya.

**Analisis Bilangan Froude**

Dalam penelitian ini dapat diketahui karakteristik dari loncatan hidrolis yang terjadi berdasarkan nilai bilangan froude. Hasil analisis bilangan froude dihubungkan dengan L<sub>j</sub>/P atau panjang loncatan air (L<sub>j</sub>) yang diukur dari awal loncatan hingga akhir loncatan per tinggi bendung (P).

Tabel 3. Kecepatan pada aliran *freeflow*

No	Q	b	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>j</sub>
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)	(cm/dt)	(cm/dt)	(cm/dt)	(cm/dt)	(cm/dt)
1	498,24	30,0	0,487	5,536	166,080	23,726	4,745
2	596,77	30,0	0,580	6,417	132,616	22,103	6,028

No	Q	b	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>j</sub>
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)	(cm/dt)	(cm/dt)	(cm/dt)	(cm/dt)	(cm/dt)
3	706,16	30,0	0,682	7,243	117,693	23,539	7,593
4	828,19	30,0	0,796	8,241	92,021	46,011	6,902
5	960,61	30,0	0,911	8,773	80,051	42,694	5,337
6	1108,78	30,0	1,044	9,726	67,199	41,066	5,280
7	1270,32	30,0	1,186	10,720	60,492	42,344	5,293

Tabel 4. Bilangan Froude pada aliran *freeflow*

No	Q	b	Lj/p	Fr <sub>1</sub>	Fr <sub>2</sub>	Fr <sub>3</sub>	Fr <sub>4</sub>	Fr <sub>5</sub>
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)						
1	498,24	30,00	0,367	0,0027	0,102	16,768	0,905	0,081
2	596,77	30,00	0,433	0,0032	0,116	10,932	0,744	0,106
3	706,16	30,00	0,500	0,0037	0,128	8,402	0,752	0,138
4	828,19	30,00	0,600	0,0043	0,144	5,364	1,896	0,110
5	960,61	30,00	0,667	0,0049	0,147	4,041	1,574	0,070
6	1108,78	30,00	0,750	0,0056	0,159	2,893	1,382	0,064
7	1270,32	30,00	0,833	0,0063	0,172	2,308	1,352	0,060

Tabel 5. Kecepatan pada aliran *submerged*

No	Q	b	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)	(cm/dt)	(cm/dt)	(cm/dt)	(cm/dt)
1	498,24	30,00	0,484	5,931	2,555	2,244
2	596,77	30,00	0,579	6,980	3,158	2,842
3	706,16	30,00	0,684	8,117	3,513	3,621
4	828,19	30,00	0,800	9,202	4,417	4,183
5	960,61	30,00	0,919	9,558	5,165	4,779
6	1108,78	30,00	1,057	10,713	5,686	5,558
7	1270,32	30,00	1,206	11,762	6,227	6,137

Tabel 6. Bilangan Froude pada aliran *submerged*

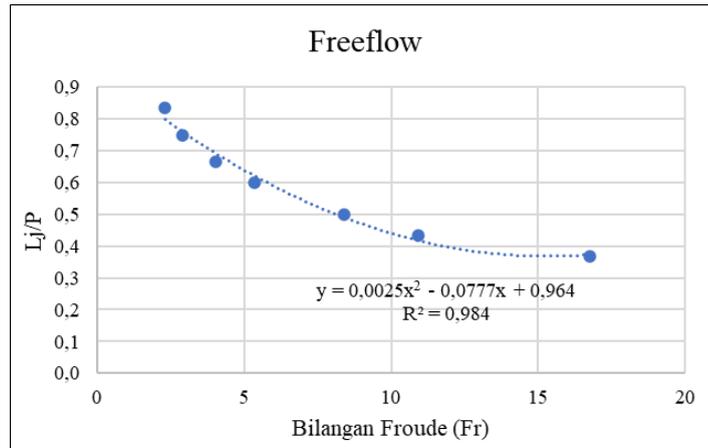
No	Q	b	Lj/p	Fr <sub>1</sub>	Fr <sub>2</sub>	Fr <sub>3</sub>	Fr <sub>4</sub>
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)					
1	498,24	30,00	0,767	0,0026	0,1132	0,0320	0,0263
2	596,77	30,00	0,833	0,0032	0,1320	0,0402	0,0343
3	706,16	30,00	0,883	0,0037	0,1522	0,0433	0,0453
4	828,19	30,00	0,900	0,0043	0,1696	0,0564	0,0520
5	960,61	30,00	0,933	0,0050	0,1667	0,0662	0,0589
6	1108,78	30,00	0,967	0,0057	0,1841	0,0712	0,0688
7	1270,32	30,00	0,983	0,0065	0,1979	0,0762	0,0746

Berdasarkan tabel di atas didapatkan hasil yang bisa dihitung untuk menentukan besar bilangan froude pada masing-masing percobaan dengan menggunakan data pada tabel sebagai berikut:

$$Fr_3 = \frac{v_3}{\sqrt{g \cdot h_3}} \quad Fr_3 = \frac{60,492}{\sqrt{981 \cdot 0,7}}$$

$$= 2,308$$

Dari perhitungan tersebut menunjukkan aliran superkritis, hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7. Hubungan Lj/P dan Bilangan Froude aliran *freeflow*

Pada gambar di atas diperoleh persamaan yang menyatakan hubungan antara Lj/P dengan Fr sebagai berikut:

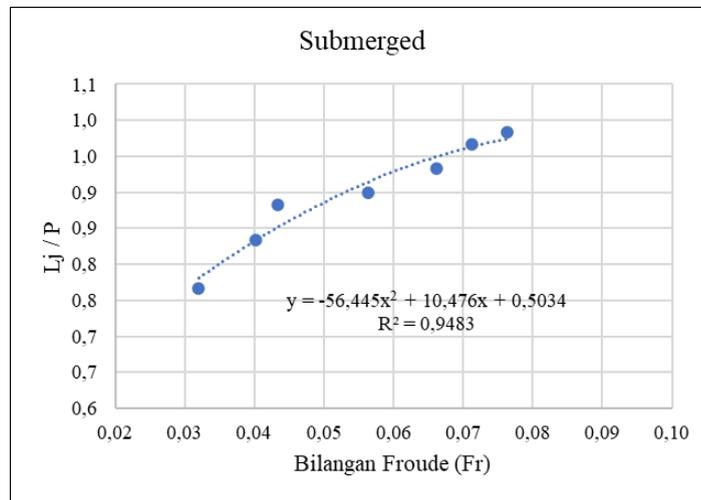
$$y = 0,0025x^2 - 0,0777x + 0,964 \tag{3}$$

Dengan nilai korelasi sebesar:

$$R^2 = 0,984 \rightarrow R = 0,992$$

Sedangkan pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pada variasi satu yaitu mercu tipe *Ogee* menunjukkan hubungan antara debit aliran dan bilangan *froude* yang kurang stabil, hal ini kemungkinan disebabkan karena kecepatan aliran (*v*) di beberapa titik tinjauan tidak stabil akibat dari geekan dengan dinding kaca sehingga membuat aliran sedikit terhambat dan elevasi aliran di awal loncatan ( $y_u$ ) menjadi naik.

Pada kondisi submerged hubungan anatar Lj/p dengan bilangan froud ditunjukkan pada gambar 4 berikut. Pada penelitian sebelumnya tidak ada kaidah submerged sehingga tidak ditinjau.



Gambar 8. Hubungan Lj/P dan Bilangan Froude aliran *submerged*

$$y = 0,0025x^2 - 0,0777x + 0,964 \tag{4}$$

Dengan nilai korelasi sebesar:

$$R^2 = 0,9483 \rightarrow R = 0,9738$$

Nilai R sebesar 0,992 dan 0,9738 cukup tinggi maka dapat disimpulkan bahwa persamaan tersebut sangat signifikan sehingga dapat diterima. Dari kedua gambar di atas dapat disimpulkan bahwa panjang loncatan dipengaruhi oleh nilai Fr.

**Analisis Kehilangan Energi**

Pada persamaan Bernoulli, kehilangan energi terjadi akibat perbedaan energi sebelum penyempitan dan setelah penyempitan (Breater, dkk, 1996) dikenal dengan  $hf = E_1 - E_2$  sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut dengan:

$$E_1 = (\Delta L \cdot S_0) + P + h_1 + \frac{V_1^2}{2 \cdot g}$$

$$E_1 = (582.0,006) + 30 + 3,6 + \frac{11,76^2}{2.981} \rightarrow E_1 = 37,16 \text{ cm}$$

$$E_2 = (\Delta L.S_o) + P + h_3 + \frac{V_3^2}{2.g}$$

$$E_2 = (582.0,006) + 30 + 6,8 + \frac{6,23^2}{2.981} \rightarrow E_2 = 40,31 \text{ cm}$$

$$hf = E_2 - E_1$$

$$hf = 40,31 - 37,16 = 3,15 \text{ cm}$$

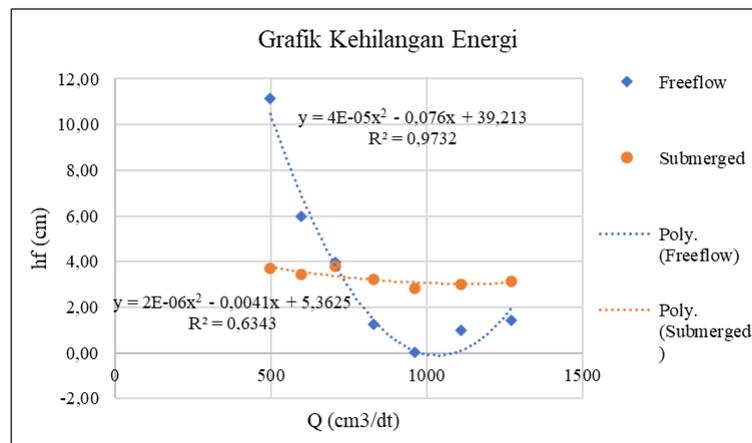
Berdasarkan perhitungan di atas, hasil analisis kehilangan energi dari aliran *freeflow* dan aliran *submerged* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 7. Kehilangan Energi (hf) aliran *Freeflow*

No	Q	b	$V_1^2/2g$	$V_3^2/2g$	E1	E2	hf	hf/E1	hf thd E1
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)			(cm)	(cm)	(cm)		%
1	498,24	30,00	0,016	14,058	36,51	47,65	11,14	0,31	30,52
2	596,77	30,00	0,021	8,964	36,61	42,61	5,99	0,16	16,37
3	706,16	30,00	0,027	7,060	36,77	40,75	3,98	0,11	10,83
4	828,19	30,00	0,035	4,316	36,88	38,11	1,23	0,03	3,34
5	960,61	30,00	0,039	3,266	37,18	37,16	0,02	0,00	0,06
6	1108,78	30,00	0,048	2,302	37,34	36,34	1,00	0,03	2,67
7	1270,32	30,00	0,059	1,865	37,50	36,06	1,44	0,04	3,85

Tabel 8. Kehilangan Energi (hf) aliran *Sumerged*

No	Q	b	$V_1^2/2g$	$V_3^2/2g$	E1	E2	hf	hf/E1	hf thd E1
	(cm <sup>3</sup> /dt)	(cm)			(cm)	(cm)	(cm)		%
1	498,24	30,00	0,018	0,003	36,31	40,00	3,69	0,10	10,15
2	596,77	30,00	0,025	0,005	36,37	39,80	3,43	0,09	9,43
3	706,16	30,00	0,034	0,006	36,43	40,20	3,77	0,10	10,36
4	828,19	30,00	0,043	0,010	36,54	39,75	3,22	0,09	8,80
5	960,61	30,00	0,047	0,014	36,89	39,71	2,82	0,08	7,64
6	1108,78	30,00	0,058	0,016	37,00	40,01	3,01	0,08	8,13
7	1270,32	30,00	0,071	0,020	37,16	40,31	3,15	0,08	8,47



Gambar 9. Hubungan hf (cm) dan Q (cm<sup>3</sup>/dt)

Dari gambar di atas diperoleh persamaan yang menyatakan hubungan antara hf dengan Q sebagai berikut:  
*Freeflow*

$$y = 0,00004x^2 - 0,076x + 39,213 \tag{5}$$

Dengan korelasi

$$R^2 = 0,9732 \rightarrow R = 0,9865$$

*Submerged* :

$$y = 0,000002x^2 - 0,0041x + 5,3625 \tag{6}$$

Dengan korelasi

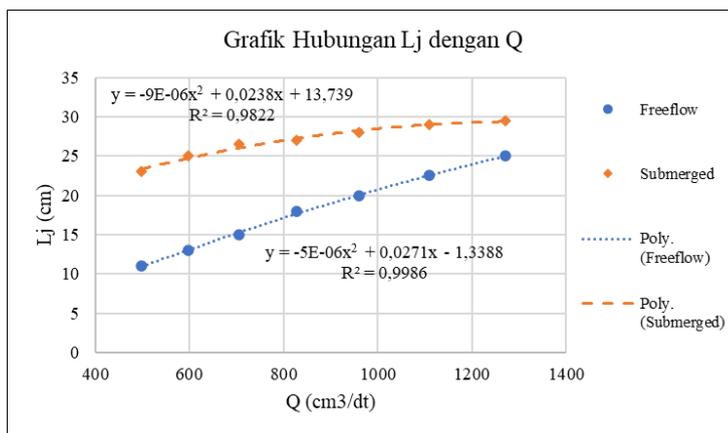
$$R^2 = 0,6343 \rightarrow R = 0,7964$$

Dari hasil analisis diperoleh nilai korelasi R pada aliran *freeflow* lebih tinggi dibandingkan aliran *submerged* dengan  $0,9865 > 0,7964$ . Kedua nilai tersebut dapat dikatakan cukup tinggi sehingga persamaan yang diperoleh dapat diterima. Dalam hal ini aliran *freeflow* mampu meredam energi lebih baik dibandingkan *submerged*.

Pada penelitian sebelumnya bahwa variasi mercu yang paling efektif dalam meredam energi adalah variasi mercu tipe Bulat 2 jari-jari. Hal ini dikarenakan, mercu tipe 2 jari-jari mempunyai nilai rata-rata kehilangan energi yang paling besar diantara variasi mercu yg lain.

**Analisis Panjang Loncat Air**

Pada hilir bendung Sifon (Siphon Spillway) aliran mengalami yang disebut loncatan air atau *hydraulic jump* karena adanya olakan-olakan yang tertahan oleh *end sill*. Semakin meningkat debit aliran maka panjang loncatan air juga meningkat (Ackers and Thomas, 1975) seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 10. Hubungan Lj (cm) dan Q (cm3/dt)

Diperoleh persamaan hubungan diantara panjang loncat air dengan debit aliran sebagai berikut:

*Freeflow*

$$y = -0,000005x^2 + 0,0271x - 1,3388 \tag{7}$$

Dengan korelasi

$$R^2 = 0,9986 \rightarrow R = 0,9993$$

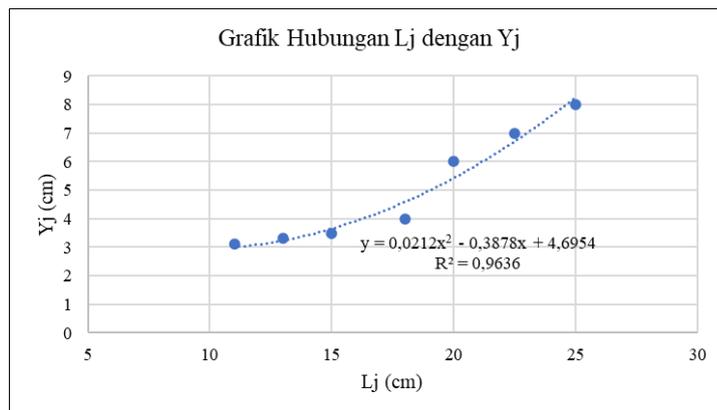
*Submerged*

$$y = -0,000009x^2 + 0,0238x + 13,739 \tag{8}$$

Dengan korelasi

$$R^2 = 0,9822 \rightarrow R = 0,9911$$

Besar nilai korelasi pada aliran *freeflow* karena pada pengujian tersebut tidak terdapat hambatan berupa banjir pada hilir bendung sehingga air dapat mengalir bebas. Pengujian pada aliran *freeflow* terdapat pengukuran tinggi loncatan air (Yj) yang tidak ada pada aliran *submerged*. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 11. Hubungan Lj (cm) dan Yj

Diperoleh persamaan hubungan diantara panjang loncatan air dengan tinggi loncatan air pada aliran *freeflow* sebagai berikut:

$$y = 0,0212x^2 - 0,3878x + 4,6954 \quad (9)$$

Dengan korelasi

$$R^2 = 0,9636 \quad \rightarrow \quad R = 0,9816$$

Pada penelitian sebelumnya (penelitian pelimpah tanpa sifon) tersebut juga menunjukkan variasi mercu yang paling efektif dalam meredam loncatan air yaitu mercu tipe bulat 1 jari-jari, hal ini dikarenakan variasi mercu ini mempunyai nilai rata-rata panjang loncatan yang paling pendek dibandingkan variasi mercu yang lain. Pada penelitian sebelumnya tidak ada kaidah submerged jadi tidak ditinjau.

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis kajian di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Berdasarkan kedua kajian, bilangan Froude mengalami penurunan pada saat freeflow sedangkan mengalami peningkatan pada saat submerged seiring dengan meningkatnya debit aliran sehingga bendung sipon ini kurang baik digunakan pada aliran freeflow sebagai peredam energi.
- Besar nilai korelasi bilangan Froude terhadap panjang loncatan per tinggi bendung ( $L_j/P$ ) pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Jaji Abdurrosyid, dkk sebesar  $0,9738 > 0,9582$  dengan jenis aliran yang sama yaitu submerged.
- Pada kehilangan energi ( $h_f$ ) terhadap debit ( $Q$ ) besar nilai korelasi penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu  $0,7964 < 0,9917$  maka bendung tersebut lebih efektif dalam meredam energi.
- Besar nilai korelasi panjang loncatan ( $L_j$ ) terhadap debit ( $Q$ ) lebih tinggi pada aliran freeflow dengan nilai  $0,9986 > 0,9822$  karena pada aliran tersebut air mengalir bebas tanpa ada hambatan berupa banjir/genangan air yang tinggi.
- Berdasarkan analisis panjang loncatan ( $L_j$ ) terhadap tinggi loncatan ( $Y_j$ ) pada kondisi freeflow diperoleh nilai korelasi  $R$  sebesar  $0,9636$ .
- Berdasarkan analisis bilangan froude ( $Fr$ ) dapat disimpulkan bahwa paada aliran freeflow terjadi perubahan dari superkritis ke subkritis sedangkan pada aliran submerged terjadi perubahan dari subkritis ke superkritis.

### Daftar Pustaka

- Abdurrosyid, J., and Muttaqin, F., (2020), "Kajian Pengaruh Bendung Bertangga Tipe Kolam Olak Roller Bucket Terhadap Panjang Loncatan Air Dan Peredaman Energi". *Simposium Nasional RAPI XIX Tahun 2020 FT UMS* pp.70–81.
- Abdurrosyid, J., Purwanto, E., and Renaningsih, (2021), 'The Influence of Variation of Weir Crest Shape With USBR-I Type of Stilling Basin on The Lenght of Hydraulic Jump and Loss of Energy'. *SCIREA Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 4 (1) pp. 1–20.
- Abdurrosyid, J., and Wibowo, G. J., (2006), "Kajian Proteksi Gerusan di Hilir Kolam Olakan Bendung Tipe USBR-II". *Jurnal Eco Rekayasa*, Vol. 3 (1) pp. 46–51.
- Abdurrosyid, J. dan Juned, P.A. (2013). Pengaruh Variasi Kemiringan Tubuh Hilir Bendung dan Penempatan Baffle Blocks pada Kolam Olak Tipe *Solid Roller* Bucket Terhadap Loncatan Hidrolis dan Perendaman Energi. Laporan Penelitian (tidak diterbitkan), Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Abdurrosyid, J dan Ardian (2013). "Pengaruh variasi Kemiringan Tubuh Hilir spillway dan Penempatan baffle blocks pada Kolam Olak Tipe trajectory bucket terhadap Loncatan Hidrolis dan Peredaman Energi". Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Ackers, F. and A.R. Thomas,(1975), "Design and Operation of Air- Regulated Siphons for Reservoir and Head Water Control'. *Proceedingz of the symposium on Design and Operation of Siphon and Siphon Spillways. London, UK, May 1975.*
- Bargess, M. F., Lesmana, C., and Tallar, R. Y., (2009), "Analisis Struktur Bendung Dengan Metode Elemen Hingga", *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 5 (1) pp. 1–21.
- Breater, F.F., H.W. King, J.E.Lindell, and C.Y. Wei, (1996), "*Handbook of Hydraulics*", 7<sup>th</sup> ed., McGraw Hill, Newyork.
- Chow, Ven Te., (1985). '*Hidraulika Saluran Terbuka*'. Jakarta: Erlangga
- Mays, Larry W. , (1999)," *Hydraulic Design Handbook*", Mc Graw Hill Book Co., Newyork.
- Peterka, A.J. (1974). "*Hdraulics Design Of Stilling Basin And Energy Disipaters*". Colorado: United States Department Of Interior, Bureau Of Reclamation, Denver.
- Prasetyo, Yogik Hardian. (2016). 'Pengaruh Variasi Jari-Jari Kolam Olak Tipe *Trajectory Bucket* terhadap Loncatan Hidrolis dan Peredaman Energi pada *Spillway* Tipe *Ogee*', Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Standar Perencanaan Irigasi .(1986), "Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04", *Dep Pekerjaan Umum RI.*
- Standar Perencanaan Irigasi .(1986), "Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02", *Dep Pekerjaan Umum RI.*
- Susana, T. (2003), 'Air Sebagai Sumber Kehidupan". *Oseana*, XXVIII(3), pp. 17–25.
- Triatmodjo, Bambang. (1995). "*Hidraulika II*", Yogyakarta: Beta Offset
- Undang-undang nomor 17 tahun 2019 tentang Sumber Daya Air
- Wigati, R. (2014), "Pengaruh Penggunaan Kolam Olak Sebagai Peredam Energi Loncat Air Terhadap Kedalaman Muka Air Hilir". *Jurnal Fondasi*, Vol. 3 (1) pp. 1–11.
- Wulandari, A. S. R., and Ilyas, A., (2019), "Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia : Tata Pengurusan Air dalam Bingkai Otonomi Daerah". *Gema Keadilan*, 6(III), pp. 287–299.