

ALTERNATIF PENGGUNAAN *ABRUPT RISE* PADA USBR TIPE III UNTUK MENGURANGI GEJALA *PULSATING WAVES*

Marturiawan Kristanto^a, Dwi Priyantoro^b

^aProgram Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

^bJurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

e-mails : kristyo_putro@yahoo.com; dwi_prie@ub.ac.id

ABSTRAK

Maksud dari kajian ini adalah untuk mempelajari perilaku hidrolika antara pengaruh *abrupt rise* pada USBR III terhadap fenomena *Pulsating waves* dan mengetahui alternatif pemecahan permasalahan yang terjadi. Penelitian ini menggunakan fasilitas Laboratorium Hidrolika Saluran Terbuka Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan beberapa alat tambahan yang dibuat sendiri guna melengkapi proses penelitian. Pengujian pada *abrupt rise* dibagi menjadi 12 seri yang mana pada setiap serinya akan dialiri 5 debit yang berbeda, adapun pembagian seri dari penelitian berdasarkan variabel berubah seperti q ($m^3/dt/m$), perubahan *baffle block*, perubahan *twl*, perubahan *slope abrupt rise*. Didapatkan dari hasil pengujian bahwa perubahan slope abrupt rise mempunyai pengaruh berbeda-beda terhadap kondisi aliran dan pulsating waves di kolam olak. Hasil uji seri 3 (melepas *baffle block*, dan memasang *abrupt rise* dengan kemiringan 1 : 1) menghasilkan redaman dengan efisiensi tertinggi. Kesimpulan dari hasil penelitian yang memprioritaskan pada peredaman *pulsating waves* ini dapat ditindaklanjuti pada uji model tes. Sehingga dapat diketahui apakah rekomendasi desain hasil penelitian ini memenuhi kriteria aman terhadap tinggi jagaan atau gerusan dan juga apakah dapat dipakai sebagai acuan dalam mendesain panjang saluran pengarah setelah hilir kolam olak.

Kata kunci : *Abrupt rise, pulsating waves, tail water level (twl)*

ABSTRACT

The purpose of this study was to learn the hydraulic behavior between the influence of abrupt rise in USBR III to the phenomenon of pulsating waves and find alternative solutions to problems that occur . This research used the facilities Open Channel Hydraulics Laboratory of the Department of Irrigation Engineering Faculty of UB and some hand made additional tools in order to complete the research process. Tests on the abrupt rise was divided into 12 series which in each series will be flown five different discharge, while sharing a series of studies based on changing variables such as q ($m^3/dt/m$), changed baffle blocks, changed the tail water level, changed the abrupt rise slope. Obtained from the test results that the abrupt change in slope of the rise had a different effect on the flow conditions and the pulsating waves in the stiling basin. Results test series 3 (removed baffle blocks, and put abrupt rise with a slope of 1: 1) produced the highest efficiency. Conclusions from the research that prioritizes the reduction pulsating waves can be followed up on the test model test. So that can be known whether the design recommendations of this study met the criteria of freeboard or secure against scouring and also whether it can be used as a reference in designing the length of the direction channel after stiling basin.

Key words : *Abrupt rise, pulsating waves, tail water level (twl)*

1.1. Latar Belakang Masalah

Bendungan Sepaku Semoi terletak di Kabupaten Penajam Pasir Utara, Kalimantan Timur. Bendungan Sepaku Semoi memakai peredam energi USBR tipe III dengan panjang peredam energi 19 m dan lebar 25 m. Bangunan peredam energi merupakan salah satu bagian penting dalam perencanaan bendungan. Bangunan peredam energi berfungsi untuk meredam kecepatan dan energi aliran yang berasal dari saluran peluncur, dan mengkondisikan aliran tersebut supaya tidak membahayakan geometri sungai.

Bendungan Sepaku Semoi adalah fenomena *Pulsating Waves*. Terjadinya *Pulsating Waves* mempengaruhi desain tinggi jagaan dan konstruksi dari tepi sungai bagian hilir peredam energi. Fenomena ini merupakan salah satu acuan dalam mendesain peredam energi.

1.2. Identifikasi Masalah

Terjadinya *pulsating waves* pada kolam olak disebabkan karena pengaruh loncatan hidraulik. Pada uji model fisik hidraulika Sepaku Semoi tinggi *pulsating waves* mencapai 2 m pada peredam energi, sehingga tinggi jagaan ditambah 2 m dari desain semula. Dalam penelitian ini, untuk meredam *pulsating waves* dilakukan percobaan beberapa alternatif pada model penelitian *flume* hidraulika saluran terbuka. Alternatif yang dipakai dengan mencoba memodifikasi peredam energi yaitu, dengan menghilangkan *baffle block*, menambah *abrupt rise* dan lain sebagainya. Tentunya perubahan ini akan mengakibatkan variasi kondisi *pulsating waves* dan kondisi aliran pada peredam energi. Selain itu kondisi morfologi sungai setelah peredam energi yang menyempit dapat mengakibatkan *back water* sehingga diperlukan kajian yang dapat memberikan suatu rekomendasi untuk keamanan desain peredam energi dan tepi sungai bagian hilir.

1.3. Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari pokok bahasan yang dikaji maka diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Model yang digunakan adalah pada model *flume* laboratorium Hidraulika Saluran Terbuka
2. Dimensi model peredam energi dan saluran peluncur berdasarkan nilai Fr 9 yang merupakan batasan nilai maksimum Fr pada USBR III
3. Data analisa menggunakan data primer dari hasil pengukuran di *flume* laboratorium Hidraulika Saluran Terbuka.
4. Tidak membahas tentang pola gerusan (*local scouring*).

1.4. Rumusan Masalah

Permasalahan dalam kajian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh *Baffle Block* di USBR III terhadap kondisi *pulsating wave* (tinggi dan panjang *pulsating waves*)?
2. Bagaimana pengaruh perubahan *slope* pada hilir USBR III (*abrupt rise*) pada kondisi *pulsating wave* (tinggi dan panjang gelombang)?
3. Kombinasi desain manakah yang mampu meredam *pulsating wave* yang terjadi pada peredam energi?

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mempelajari perilaku hidrolika antara pengaruh *abrupt rise* terhadap fenomena *pulsating waves* dan mengetahui alternatif pemecahan permasalahan yang disebabkan *pulsating waves*.

Adapun manfaat yang ingin dicapai adalah untuk menganalisa sampai sejauh mana penyimpangan hitungan *empirik* dan hasil model fisik, sehingga dapat diperoleh informasi yang akurat guna menetapkan upaya-upaya perbaikan hidrolika apabila suatu saat terdapat perencanaan peredam energi lain dengan konfigurasi bangunan dan kondisi yang hampir sama.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Peredam Energi

Fenomena aliran yang terjadi pada saluran peluncur adalah dengan kecepatan aliran yang sangat tinggi, dengan kondisi

pengaliran super kritis. Oleh karena itu sebelum aliran air di alirkan ke sungai harus diperlambat dan dirubah pada kondisi aliran sub-kritis, agar supaya tidak terjadi gerusan yang membahayakan geometri sungai pada bagian dasar, dan tebing sungai. Peredam energi mempunyai berbagai tipe dan khusus untuk bendungan urugan biasanya digunakan tipe kolam olakan (*stilling basin type*). Kolam olakan datar tipe III secara teoritis cocok untuk keadaan sebagai berikut :

1. Aliran dengan tekanan hidrostatik yang rendah ($P_w < 60 \text{ m}$)
2. Debit yang dialirkan kecil (debit spesifik $q < 18,5 \text{ m}^3/\text{det}/\text{m}$)
3. Bilangan Froude di akhir saluran peluncur $> 4,50$

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot y_1}}$$

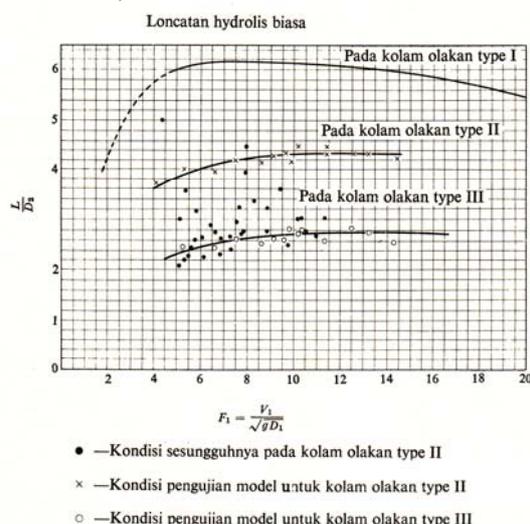
Kedalaman aliran setelah loncatan (kedalaman konjugasi)

$$y_2 = \frac{y_1}{2} \sqrt{1 + 8F_1^2} - 1$$

Panjang loncatan hidrolis pada kolam olakan (Rangga Raju, 1986 : 194)

$$L = A (y_2 - y_1)$$

Dimana A bervariasi dari 5,0 sampai 6,9 , atau secara empirik dapat digunakan grafik pada Gambar 1 (Sosrodarsono, 1977:222).



Gambar 1 Panjang loncatan hidrolis pada kolam olakan datar tipe I, II dan III

2.2. Pengendalian Loncatan Hidrolis Dengan Ambang

Loncatan hidrolis dapat dikendalikan atau diarahkan dengan menggunakan ambang. Ambang yang dipergunakan mempunyai bentuk bermacam-macam, misalnya berbentuk sekat pelimpah berbentuk tajam (ambang tajam) sekat pelimpah berbentuk lebar (ambang lebar) dan penurunan atau kenaikan mendadak pada lantai saluran peredam energi.

Dalam perencanaan peredam energi umumnya banyak dipilih menggunakan sekat pelimpah berbentuk lebar (ambang lebar) atau kenaikan mendadak pada lantai saluran peredam energi kemudian dilanjutkan ke saluran dihilir peredam energi, dimana perencanaan ketinggian drempe ini dikaitkan dengan kebutuhan kedalaman aliran air di hilir peredam energi (*Tail Water Level, TWL*).

2.3. Fenomena Pulsating Wave

Potensi pengembangan gelombang pada *tail water* dari lompatan hidraulik sangat besar untuk bilangan froude yang berkisar $2.5 < F_1 < 4.5$. Reaksi gelombang juga bergantung pada parameter lain, seperti tipe peredam energi, kedalaman *tail water*, kemiringan dasar, dan *tail water* pada sungai.

Abou Seida (1963) mengadakan percobaan dengan menggunakan bilangan froude yang berkisar $2.2 < F_1 < 5.5$, kemiringan dasar 0.025 – 0.05.

Parameter untuk *tail water waves* adalah :

- Ketinggian gelombang H_w
- Periode gelombang T_w
- Ketinggian datang H_1
- Ketinggian *tail water level* H_2
- Kecepatan datang V_1
- Kemiringan dasar θ
- Percepatan gravitasi g

2.4. Analisa dimensi

Analisa dimensi merupakan teknik matematik yang berhubungan dengan dimensi dari suatu besaran fisik yang berpengaruh pada permasalahan yang di hadapi (Triatmodjo,1999:188). Analisa dimensi dapat dipergunakan untuk

mengatasi permasalahan dalam mekanika fluida dan hidrolika. Dalam suatu penelitian hidrolika, analisis dimensi dilakukan untuk mengetahui faktor dominan yang menjadi dasar secara sistematis untuk memperoleh hubungan antar variabel maupun hubungan antar parameter.

Dalam analisa dimensi, pertama kali diperkirakan parameter – parameter fisik yang mempengaruhi aliran. Dan kemudian parameter – parameter tersebut dikelompokkan dalam suatu bentuk tak berdimensi sehingga akhirnya dapat ditetapkan fenomena aliran yang lebih baik.

Analisa dimensi dapat dibagi menjadi dua sistem gaya (F) – panjang (L) – waktu (T) (*force length time, FLT*) dan sistem massa (M) – panjang (L) – waktu (T) – mass length time, *MLT*). Ketiga besaran tersebut merupakan besaran bebas dan disebut besaran dasar. Dalam analisa dimensi dapat digunakan dua metode pendekatan yaitu metode Rayleigh dan metode Buckingham (Triadmodjo, 1999: 193).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Macam Variabel dan Parameter Penelitian

Dalam penelitian akan mengandung banyak parameter serta variabel yang akan diamati dan diukur untuk selanjutnya dianalisa. Oleh karena itu perlu dilakukan pengelompokan parameter dan variabel sehingga dapat diketahui hubungan-hubungannya dengan melakukan analisa dimensi.

1. Parameter

Parameter merupakan faktor yang ditetapkan selama dalam proses penelitian.

2. Variabel

Variabel merupakan faktor dalam penelitian yang dapat dipengaruhi. Dalam penelitian ini banyak terdapat variabel-variabel terukur yang nantinya akan dipergunakan dalam analisa. Untuk mempermudah analisa maka variabel-variabel dalam penelitian ini

dapat dibagi menjadi 2 yaitu variabel bebas dan variabel tergantung.

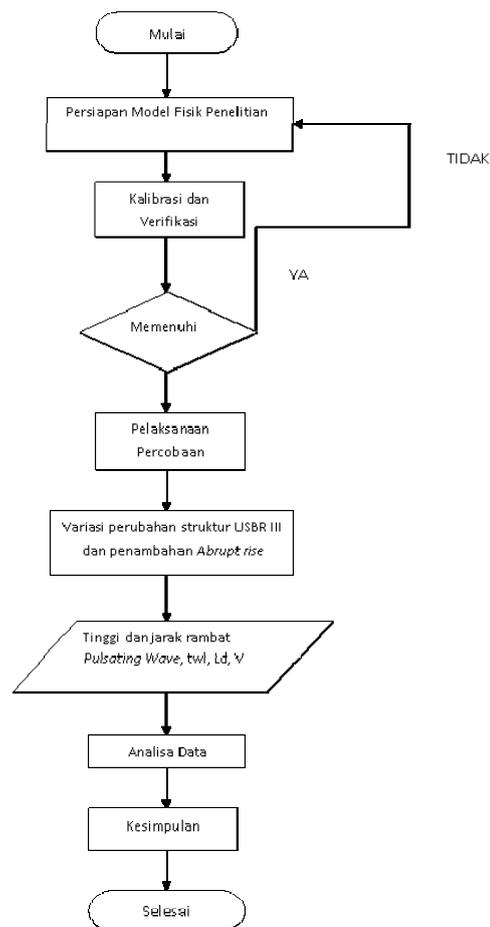
Tabel 1. Pengelompokan variabel penelitian

Variabel Bebas	Variabel Tergantung
1. Peninggian dasar hilir peredam energi (<i>abrupt rise</i>).	1. <i>Tail Water Level</i> (twl)
2. Perubahan slope <i>abrupt rise</i> .	2. Kecepatan (v)
3. Pencopotan <i>baffle block</i> dan menambahkan <i>abrupt rise</i> .	3. Tinggi loncatan
4. Perubahan slope <i>abrupt rise</i> (tanpa <i>baffle block</i> pada kolam olak)	4. Tinggi <i>pulsating waves</i>
	5. Panjang rambatan <i>Pulsating waves</i>

Rancangan pengujian perubahan pada kolam olak dan *abrupt rise* dibagi dalam 12 seri.

Tabel 2 . Rancangan Pengujian

Kemiringan <i>abrupt rise</i>	dg <i>baffle block</i> twl bebas	dg <i>baffle block</i> twl diatur	tanpa <i>baffle block</i> twl bebas	tanpa <i>baffle block</i> twl diatur
1;1	1	2	3	4
1;3	5	6	7	8
1;5	9	10	11	12



Gambar 2. Daftar Alir Pelaksanaan Penelitian

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

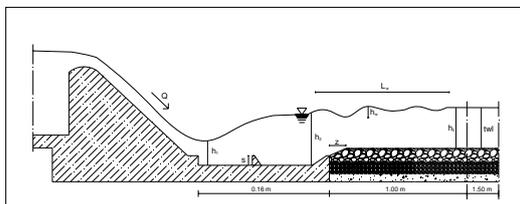
4.1. Desain Peredam Energi USBR III

Desain peredam energi USBR III direncanakan berdasarkan nilai bilangan froude terbesar dalam hal ini ketika debit yang terjadi sebesar 0,465 lt/dt. Penentuan dimensi peredam energi berdasarkan nilai bilangan froude mengacu pada tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh *abrupt rise* pada *pulsating wave* untuk kisaran froude 4,5-9.

4.2. Analisa Dimensi

Pengkajian penelitian ini menyangkut banyak variable yang berpengaruh. Maka penting dilakukan analisa untuk sebelum menganalisa data. Analisa dimensi dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variable yang digunakan dalam analisa data dan pembahasan. Untuk itu perlu dilakukan pengelompokan variable yang disajikan sebagai berikut:

1. Variabel tergantung : kecepatan (V), tinggi muka air sebelum loncatan (h_1), tinggi muka air setelah loncatan (h_2), tinggi *pulsating wave* (h_w), Jarak gelombang (Lw), Cepat rambat gelombang (Vw)
2. Variabel yang diatur : perubahan *slope abrupt rise* (z), pencopotan *baffle block* (s), debit persatuan lebar (q), *tail water level* (twl)
3. Variabel yang lain : percepatan gravitasi (g).



Gambar 3. Variabel-variabel dalam penelitian

Maka didapatkan :

$$C_1 = \frac{v \cdot s}{q}$$

$$C_2 = \frac{y_2}{s}$$

$$C_3 = \frac{y_1}{s}$$

$$C_4 = \frac{Lw}{s}$$

$$C_5 = \frac{Hw}{s}$$

$$C_6 = \frac{tw.}{s^2 \cdot q}$$

$$C_7 = \frac{twl}{s}$$

$$C_8 = \frac{z}{s}$$

$$C_9 = \frac{g \cdot s^5}{q^2}$$

Analisa dimensi untuk kolam olak tanpa *baffle block*.

Maka didapatkan :

$$C_1 = \frac{v}{z \cdot q}$$

$$C_2 = \frac{y_2}{z}$$

$$C_3 = \frac{y_1}{z}$$

$$C_4 = \frac{Lw}{z}$$

$$C_5 = \frac{Hw}{z}$$

$$C_6 = \frac{v_w \cdot z}{q}$$

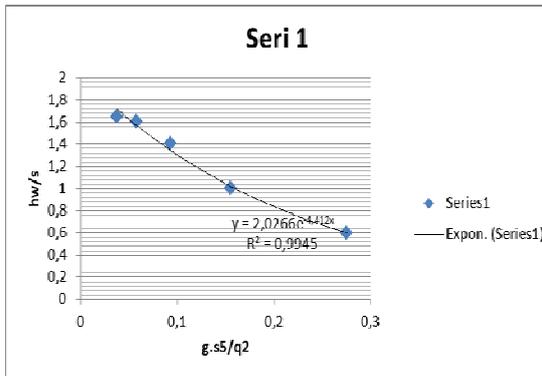
$$C_7 = \frac{g \cdot z^3}{q^2}$$

4.3. Perhitungan terhadap tinggi gelombang.

Setelah melakukan pengujian di laboratorium beberapa seri diperoleh hasil tinggi gelombang (h_w) yang terjadi pada *stilling basin*. Seri 1 (*abrupt rise* 1 : 1), seri 5 (*abrupt rise* 1 : 3), dan seri 9 (*abrupt rise* 1 : 5) menggunakan analisa dimensi c5 dan c9. Hasil pengujian untuk seri 1 disajikan pada tabel 3 dan gambar 4

Tabel 3 Hubungan antara C5 dan C9 seri 1

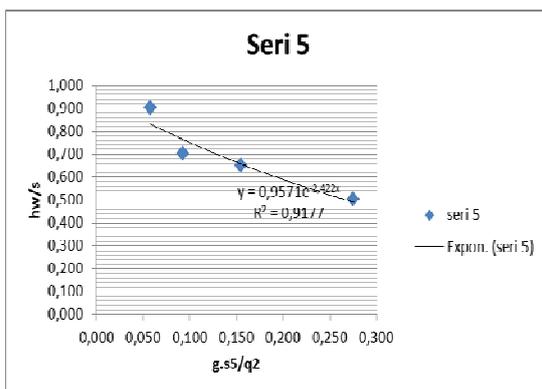
Q l/dt	Q cm ² /dt	hw/s C5	g.s ⁵ /q ² C9
0,4653	59,65123	0,600	0,27569
0,6195	79,42556	1,000	0,15550
0,8015	102,7579	1,400	0,09290
1,0132	129,8952	1,600	0,05814
1,2565	161,0951	1,650	0,03780



Gambar 4 Hubungan antara hw/s dan g.s⁵/q² seri 1

Tabel 4. Hubungan antara C5 dan C9 seri 5

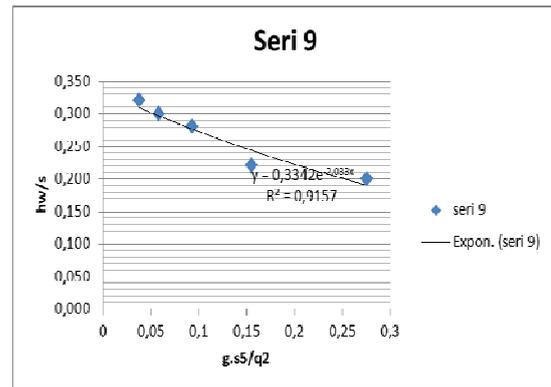
Q l/dt	Q cm ² /dt	hw/s	g.s ⁵ /q ²
0,465	59,651	0,350	0,276
0,620	79,426	0,500	0,156
0,802	102,758	0,650	0,093
1,013	129,895	0,700	0,058
1,257	161,095	0,900	0,038



Gambar 5. Hubungan antara hw/s dan g.s⁵/q² seri 5

Tabel 5. Hubungan antara C5 dan C9 seri 9

Q l/dt	Q cm ² /dt	hw/s	g.s ⁵ /q ²
0,465	59,651	0,200	0,276
0,620	79,426	0,220	0,156
0,802	102,758	0,280	0,093
1,013	129,895	0,300	0,058
1,257	161,095	0,320	0,038



Gambar 6. Hubungan antara hw/s dan g.s⁵/q² seri 9

4.4. Kalibrasi

Kalibrasi adalah suatu tahap yang dilakukan untuk mencocokkan hasil uji penelitian. Dalam penelitian ini kalibrasi dilakukan dengan melakukan uji pada parameter yang sama namun variabel debit yang berbeda.

Tabel 6. Hasil kalibrasi pada Seri 5

Q l/dt	Q cm ² /dt	g/q ²	hw/s grafik	hw/s empiris	KR %
0,5238	67,14946	0,21756249	0,565	0,520	8,68%
0,5865	75,1938	0,17350218	0,629	0,640	1,76%
0,6889	88,3179	0,12576841	0,706	0,730	3,32%

4.5. Pembahasan

Dengan melihat hasil uji penelitian pada *flume* maka dapat diketahui kombinasi desain pada kolam olak yang mampu mereduksi *pulsating waves*. Hasil penelitian disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian seri 1-12.

Kemiringan Abrupt Rise	dg BB	dg BB	tanpa BB	tanpa BB
	twl bebas	twl	twl bebas	twl
1 ; 1	1	2	3	4
1 ; 3	5	6	7	8
1 ; 5	9	10	11	12

4.6. Contoh Aplikasi Hasil Penelitian

Agar pemahaman aplikasi hasil penelitian lebih mudah, berikut ini diberikan contoh perhitungan aplikasi penggunaannya seperti uraian berikut:

Permasalahan :

Suatu pelimpah *side channel* dengan lebar saluran peluncur hilir (b) sebesar 7,8 m, dilalui debit Q_{2th} sebesar 59,781 m³/dt, Q_{100th} sebesar 181,846 m³/dt, Q_{1000th} sebesar 274,218 m³/dt, Q_{PMF} sebesar 751,062 m³/dt. Peredam energi menggunakan USBR Tipe III, dengan dimensi panjang kolam olak 16 m, tinggi

baffle block (s) 0,8 m. Jika debit Q_{25th} dialirkan pada 12 kondisi eksisting yang berbeda yang tersaji pada tabel 8 . Pada kondising eksisting manakah yang menghasilkan rambatan gelombang paling jauh dan tinggi *pulsating wave* yang maksimum?

Tabel 8. Kondisi eksisting permasalahan

AR=1:1															
Kondisi 1	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:1 dan kondisi hilir pada keadaan bebas.														
Kondisi 2	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:1, namun kondisi hilir terjadi hambatan.														
Kondisi 3	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:1, kondisi hilir pada keadaan bebas, namun baffle block pada kolam olak dilepas														
Kondisi 4	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:1, baffle block pada kolam olak dilepas dan terjadi hambatan pada hilir.														
AR=1:3															
Kondisi 5	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:3 dan kondisi hilir pada keadaan bebas.														
Kondisi 6	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:3, namun kondisi hilir terjadi hambatan.														
Kondisi 7	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:3, kondisi hilir pada keadaan bebas, namun baffle block pada kolam olak dilepas														
Kondisi 8	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:3, baffle block pada kolam olak dilepas dan terjadi hambatan pada hilir.														
AR=1:5															
Kondisi 9	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:5 dan kondisi hilir pada keadaan bebas.														
Kondisi 10	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:5, namun kondisi hilir terjadi hambatan.														
Kondisi 11	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:5, kondisi hilir pada keadaan bebas, namun baffle block pada kolam olak dilepas														
Kondisi 12	Menggunakan Abrupt Rise dengan slope 1:5, baffle block pada kolam olak dilepas dan terjadi hambatan pada hilir.														

Pemecahan :

Langkah awal adalah melakukan analisa kondisi yang terjadi yaitu :

Dengan mengolah data eksisting yang ada sesuai dengan bilangan tak berdimensi yang dibutuhkan untuk membaca grafik hasil analisa penelitian yang kemudian diolah melalui persamaan hasil analisa penelitian.

$$C1 = hw/s$$

$$C2 = g.s^5/q^2$$

$$C3 = hw/lw$$

$$C4 = hw/z$$

$$C5 = g.z^5/q^2$$

Diketahui :

$$Q_{2th} = 59,781 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{100th} = 181,846 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{1000th} = 274,218 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{pmf} = 751,062 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Fr = 6,9$$

$$s = 0,8 \text{ m}$$

$$B = 8 \text{ m}$$

$$q = 7,472625 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$$

Penyelesaian

- Kondisi 1 sesuai dengan kondisi seri 1 sehingga hw dan Lw dapat dilihat pada grafik/persamaan hubungan bilangan tak berdimensi seri 1.

$$\text{Bilangan tak berdimensi } C_1 = g.s^5/q^2,$$

$$C_2 = hw/s, C_3 = hw/lw$$

$$y_1 = 2.0616e^{-4.255x}$$

$$x = g.s^5/q^2 = 0.0576$$

$$y_1 = hw/s = 1.61375018 \text{ hw} = 1,291 \text{ m}$$

$$y_2 = -0.5878x^2 + 0.244x + 0.0172$$

$$y_2 = hw/lw \times = g.s^5/q^2$$

$$y_2 = 0.0292$$

$$lw = 44.06387694 \text{ m}$$

- Pada kondisi 1 rambatan gelombang yang terjadi (lw) = 44,064 m dan tinggi gelombang hw = 1,291 m.

Tabel 9. Hasil perhitungan hw dan Lw Q_{2th} melalui persamaan hasil penelitian

Kondisi	Hw (m)	Lw (m)	Efisiensi (hw) %	Efisiensi (Lw) %
1	1.291	44.064	16%	62%
2	1.103	50.098	28%	57%
3	0.384	52.654	75%	55%
4	1.533	70.148	0%	40%
5	0.728	117.404	53%	0%
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	0.365	62.924	76%	46%
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-

Tabel 10. Hasil perhitungan hw dan Lw Q_{100th} melalui persamaan hasil penelitian

Kondisi	Hw (m)	Lw (m)	Efisiensi (hw) %	Efisiensi (Lw) %
1	1.291	85.915	49%	81%
2	2.511	111.462	0%	75%
3	0.185	40.047	93%	91%
4	1.492	49.813	41%	89%
5	1.638	60.416	35%	86%
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	0.502	443.682	80%	0%
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-

Tabel 11. Hasil perhitungan hw dan Lw Q_{1000th} melalui persamaan hasil penelitian

Kondisi	Hw (m)	Lw (m)	Efisiensi (hw) %	Efisiensi (Lw) %
1	1.291	91.260	51%	25%
2	2.656	121.399	0%	0%
3	0.170	38.297	94%	68%
4	1.494	48.741	44%	60%
5	1.973	66.019	26%	46%
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	0.513	-866.329	81%	814%
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-

Tabel 12. Hasil perhitungan hw dan Lw Q_{PMF} melalui persamaan hasil penelitian

Kondisi	Hw (m)	Lw (m)	Efisiensi (hw) %	Efisiensi (Lw) %
1	1.291	95.247	54%	26%
2	2.759	129.029	1%	0%
3	0.160	36.999	94%	71%
4	1.495	48.034	47%	63%
5	2.797	87.721	0%	32%
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	0.521	-108.006	81%	184%
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian di laboratorium dan menganalisa hasil penelitian, maka dapat disimpulkan :

1. Penggunaan *baffle block* pada kondisi *tail water level* tanpa hambatan (bebas) belum mampu meredam *pulsating waves*. Indikasi dari hal ini adalah masih terjadinya *pulsating waves* pada seri 1,5, dan 9 yang disebabkan karena loncatan hidraulik tidak terjadi secara sempurna, sehingga menimbulkan *pulsating waves* yang terjadi di hilir. *Pulsating wave* yang terjadi ini mempunyai rambatan gelombang yang cukup jauh dan getaran gelombang dengan frekuensi tinggi. Kecuali pada seri 3 pengujian pada saat *baffle block* dilepas, dan kondisi bebas (seri 7 dan 11) menghasilkan aliran yang superkritis pada setiap sectionnya (kolam olak tak berfungsi), sehingga tidak terjadi *pulsating waves* karena pada tiap section terjadi aliran superkritis dimana $fr > 4,5$.
2. Perubahan slope *abrupt rise* mempunyai pengaruh berbeda-beda terhadap kondisi aliran dan *pulsating waves* di kolam olak. Kemiringan *abrupt rise* 1 : 1 pada seri 1, seri 2, seri 3, seri 4, kemiringan *abrupt rise* 1 : 3 pada seri 5, dan kemiringan *abrupt rise* 1 : 5 pada seri 9 masih belum mampu meredam *pulsating waves*, namun efisiensi redaman tertinggi terjadi pada seri 3.

3. Kombinasi desain kolam olak menggunakan *abrupt rise* tentunya tidak serta merta bisa diterapkan pada setiap kasus, karena pada dasarnya penggunaan *abrupt rise* juga mempertimbangkan kondisi dari twl, penggunaan *abrupt rise* berfungsi dengan baik ketika $twl < y_2$. Apabila yang terjadi memang $twl < y_2$ dan dikaitkan dengan *pulsating waves*, maka bila ketinggian jagaan pada stilling basin masi dapat dimaksimalkan maka kita bisa memakai slope *abrupt rise* yang curam, namun ketika ketinggian jagaan sudah tidak dapat dimaksimalkan kita dapat memakai *abrupt rise* dengan slope landai namun yang perlu diperhatikan adalah panjang rambatan gelombang dan frekuensinya. Uji penelitian pada seri 6, 7, 8, 10, 11, 12 memang tidak menghasilkan *pulsating waves* namun bila ditinjau dari segi keamanan desain terhadap gerusan (*scouring*) maupun tinggi jagaan (*freeboard*) masih belum memenuhi. Kombinasi desain berdasarkan penelitian dengan efisiensi paling tinggi terhadap tinggi dan jarak rambatan *pulsating waves* adalah dengan memasang *abrupt rise* dengan kemiringan 1 : 1 dan melepas *baffle block* seri 3.

5.2. Saran

Kesimpulan dari hasil penelitian yang memprioritaskan pada peredaman *pulsating waves* ini dapat ditindaklanjuti pada uji model tes. Sehingga dapat diketahui apakah rekomendasi desain hasil penelitian ini memenuhi kriteria aman terhadap tinggi jagaan atau gerusan dan juga apakah dapat dipakai sebagai acuan dalam mendesain panjang saluran pengarah setelah hilir kolam olak.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. *Laporan Akhir Uji Model Fisik Bendungan Sepaku Semoi*. Malang : Jurusan Pengairan FT Unibraw

- Chow, Ven Te. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka, terjemahan E.V. Nensi Rosalina. Jakarta : Erlangga.*
- Hager, Willi H. 1992. *Energy Dissipators And Hydraulic Jump*, Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Peterka, A.J. 1978. *Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators.* United States Department of The Interior : Bureau of Reclamation.
- Raju, K.G.R. 1986. *Aliran Melalui Saluran Terbuka, terjemahan Yan Piter Pangaribuan B.E., M.Eng.* Jakarta : Erlangga
- Sosrodarsono, Suyono dan Tekeda, Kensaku. 2002. *Bendungan Type Urugan.* Jakarta : Erlangga.
- United States Department of The Interior : Bureau of Reclamation. 1973. *Design of Small Dams.* Oxford & IBH Publishing CO. New Delhi Bombay Calcutta.