

UJI MODEL FISIK HIDRAULIK TERJUNAN TEGAK DENGAN KISI PEREDAM (*LONGITUDINAL RACKS*) UNTUK PENGENDALIAN LONCATAN HIDRAULIK

Prima Hadi Wicaksono¹, Very Dermawan²
Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

RINGKASAN

Air luapan pada terjunan tegak akan terbentuk loncatan hidraulik di hilir. Loncatan hidraulik ini terjadi apabila terjadi perubahan kedalaman yang mendadak terhadap kedalaman lanjutannya. Salah satu perilaku loncatan hidraulik yang penting adalah letak dan panjang loncatan hidraulik. Mengingat kemungkinan besarnya biaya pembuatan kolam olakan khususnya pada kasus bangunan terjunan tegak, maka salah satu cara penyelesaian adalah dengan memperbesar peredam energi yang terjadi, diantaranya yaitu dengan membuat terjunan tegak berkisi (terjunan peredam energi).

Tujuan kajian ini adalah untuk mempelajari perilaku hidraulika pada bangunan terjunan tegak dengan kondisi tanpa kisi dan terjunan tegak berkisi, meliputi: kondisi aliran di hulu dan hilir, panjang dan tinggi loncatan hidraulik, dan efektifitas peredaman energi yang terjadi pada bangunan terjunan tegak berkisi. Adapun manfaatnya dapat memberikan informasi tentang unjuk kerja bangunan terjunan tegak berkisi sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam proses desain bangunan terjunan tegak dan kolam olakannya.

Pengujian perilaku hidraulika aliran di bangunan terjunan tegak berkisi yang dilakukan: (1) Model seri 0, model *original design*, terjunan tegak tanpa kisi, (2) Model seri 1, 2, dan 3, *alternative design*, yaitu terjunan tegak berkisi. Pada model ini akan didapatkan perilaku hidraulika aliran pada bangunan yang diujicobakan. Pengamatan dan pengukuran dilakukan pada titik-titik yang ditentukan, sebagai berikut: (1) Pengukuran kedalaman air pada hulu dan hilir terjunan tegak, (2) Mengamati kondisi tinggi dan panjang loncatan yang terjadi, (3) Pengukuran kecepatan aliran pada hulu dan hilir terjunan tegak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Penempatan kisi peredam di ujung terjunan bisa mempengaruhi nilai y_2/y_1 , yaitu nilai y_2/y_1 menjadi semakin kecil, (2) Penempatan kisi peredam di ujung terjunan bisa mempengaruhi nilai y_2/y_1 , yaitu nilai y_2/y_1 menjadi semakin kecil, (3) Penempatan kisi peredam di ujung terjunan bisa mempengaruhi nilai Fr_1 , yaitu bisa menurunkan nilai Fr_1 yang terjadi, (4) Penempatan kisi peredam di ujung terjunan bisa mempengaruhi nilai Ld/y_1 , yaitu bisa menurunkan nilai Ld/y_1 yang terjadi.

Kata kunci: terjunan tegak, terjunan berkisi, loncatan hidraulik

ABSTRACT

The water flow at the drop structure will form a hydraulic jump at the downstream. Hydraulic jump occurs when there are sudden depth changing at the conjugate depth. The location and the length of hydraulic jump are the important things of the hydraulic behaviours. Because of the high cost of stilling basin, especially at the drop structure, so the drop structure attached longitudinal racks is chosen for enhanced energy dissipation.

The goal of this research is to obtain the hydraulic behaviour of both drop structure, without and with longitudinal racks, include upstream and downstream flow condition, the length and the height of hydraulic jump, and energy dissipation effectivity at the drop structure with longitudinal racks. This research will give the important information about the work of drop structure with longitudinal racks, that can use as the drop structure design and stilling basin consideration.

The hydraulic modelling treatment: (1) Model seri 0, original design of drop structure, (2) Model seri 1, 2, and 3, alternatives design, drop structures with longitudinal racks, to obtain

hydraulic behaviour. The check point of observation and measurement: (1) upstream and downstream flow depth on drop structure, (2) the height and the length of hydraulic jump, (3) upstream and downstream velocity on drop structure.

Results of this research is the placing of longitudinal racks can influence: (1) the smaller value of y_2/y_1 , (2) smaller value of y_2/y_1 , (3) smaller value of Fr_1 , (4) smaller value of Ld/y_1 .

Keywords: drop structure, drop structure with longitudinal racks, hydraulic jump

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air luapan jatuh bebas pada pelimpah terjunan tegak akan memutar kurvturnya dan bergerak secara perlahan-lahan hingga menjadi aliran superkritis pada lapisan lindung. Akibatnya, akan terbentuk suatu loncatan hidraulik pada hilir. Loncatan hidraulik ini terjadi apabila terjadi perubahan kedalaman yang mendadak terhadap kedalaman lanjutannya. Salah satu perilaku loncatan hidraulik yang penting adalah letak dan panjang loncatan hidraulik.

Dari pandangan pemakaian praktis, loncatan hidraulik sangat berguna sebagai peredam energi lebih pada aliran superkritis. Peredaman ini berguna untuk mencegah erosi yang mungkin terjadi pada saluran pelimpah, saluran curam, dan pintu air geser tegak dengan cara memperkecil kecepatan aliran pada lapisan pelindung hingga pada suatu titik tempat aliran tidak mempunyai kemampuan lagi untuk mengikis dasar saluran di bagian hilir.

Loncatan hidraulik yang digunakan sebagai peredam energi, biasanya meliputi sebagian atau seluruh kolam saluran yang dinamakan kolam olakan. Bagian bawah kolam olakan diratakan untuk menahan

pengikisan. Pada umumnya jarang sekali kolam olakan dirancang untuk menahan seluruh panjang loncatan bebas, karena kolam olakan demikian sangat mahal biayanya. Akibatnya, peralatan untuk mengontrol loncatan hidraulik biasanya dipasang pada kolam olakan. Tujuannya adalah untuk memperpendek selang waktu terjadinya loncatan sehingga memperkecil ukuran dan biaya kolam olakan, memperbaiki fungsi peredaman kolam olakan, menstabilkan gerakan loncatan dan juga dapat memperbesar faktor keamanan.

Mengingat kemungkinan besarnya biaya pembuatan kolam olakan khususnya pada kasus bangunan terjunan tegak, maka salah satu cara penyelesaian adalah dengan memperbesar peredam energi yang terjadi, diantaranya yaitu dengan membuat terjunan tegak berkisi.

Pelimpah terjunan tegak biasanya dipasang pada struktur drainase yang kecil oleh Badan Konservasi Amerika Serikat. Bentuk paling sederhana dari struktur demikian dinamakan kotak saluran pelimpah terjunan masukan, yakni kotak persegi panjang sederhana yang terbuka pada bagian atas dan ujung hilir. Jumlah air buangan diarahkan ke kotak dengan dinding ujung dan parit besar, masuk melalui atas

ujung hulu dan meninggalkannya melalui ujung hilir yang terbuka, mendahului keluaran saluran.

Dengan meletakkan kisi pada ujung pelimpah terjunan tegak, terjunan aliran dengan semburan yang berlebihan dapat dipisah menjadi 2 lembaran yang panjang yang jatuh secara vertikal pada jarak berdekatan. Jadi energi semburan dapat diredam tanpa harus menggunakan loncatan hidraulik, dengan demikian gerakan gelombang dapat diperkecil, jika bilangan Froude $F = 2,5$ sampai $4,5$. Terjunan tegak berkisi (terjunan peredam energi) ini dapat digunakan sebagai rancangan pengganti untuk kolam olakan, sehingga secara desain dapat lebih sederhana dan relatif lebih murah karena dapat menggantikan peran dan fungsi kolam olakan yang harus dibangun di hilir terjunan.

1.2 Perumusan Masalah

Pemasalahan dalam kajian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kisi peredam pada terjunan tegak terhadap perbandingan tinggi aliran kritis dan tinggi aliran sebelum loncatan (y_c/y_1) pada berbagai variasi debit?
2. Bagaimana pengaruh kisi peredam pada terjunan tegak terhadap perbandingan tinggi muka air sesudah dan sebelum loncatan (y_2/y_1) pada berbagai variasi debit?
3. Bagaimana pengaruh kisi peredam pada terjunan tegak terhadap bilangan Froude (Fr) aliran pada berbagai variasi debit?

4. Bagaimana pengaruh kisi peredam pada terjunan tegak terhadap perbandingan panjang loncatan dan aliran sebelum loncatan (Ld/y_1) pada berbagai variasi debit?
5. Bagaimanakah pengaruh tinggi terjunan tegak tanpa dan dengan kisi peredam terhadap parameter aliran untuk berbagai variasi debit?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari perilaku hidraulika pada terjunan tegak dengan kondisi tanpa kisi dan terjunan tegak berkisi. Perilaku hidraulika yang dimaksud adalah pada kondisi aliran di hulu dan hilir, panjang dan tinggi loncatan hidraulik yang terjadi pada bangunan terjunan tegak tanpa kisi dan terjunan tegak berkisi.

Adapun manfaatnya dapat memberikan informasi tentang unjuk kerja bangunan terjunan tegak berkisi sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam proses desain bangunan terjunan tegak dan kolam olakannya. Disamping itu, penelitian ini diharapkan akan memberikan pengetahuan yang lebih luas dan lebih detail tentang perilaku hidraulika pada tipe peredam energi tipe kisi yang diujicobakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Terjunan

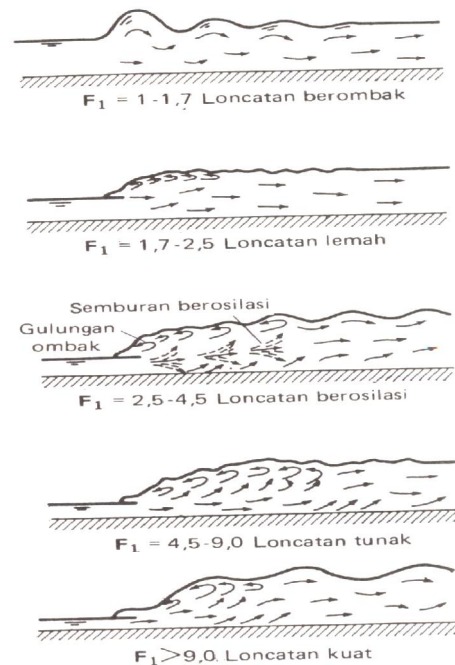
Bangunan terjun atau got miring diperlukan jika kemiringan permukaan lebih curam daripada kemiringan maksimum saluran yang diijinkan.

Bangunan semacam ini mempunyai empat bagian fungsional, yang masing-masing mempunyai sifat-sifat perencanaan yang khas, Bagian hulu pengontrol, yaitu bagian tempat aliran menjadi super kritis. Bagian tempat air dialirkan ke elevasi yang lebih rendah. Bagian tepat di sebelah hilir, yaitu tempat energi diredam. Bagian peralihan saluran memerlukan lindungan untuk mencegah erosi.

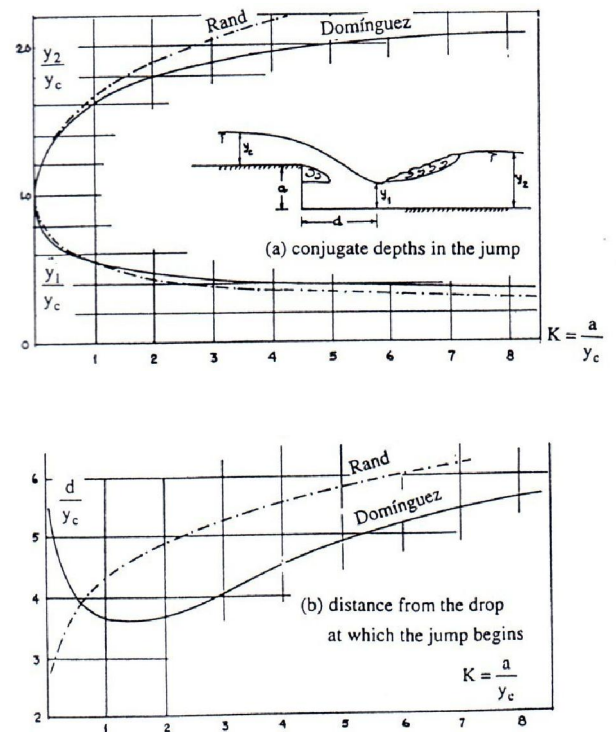
2.2 Jenis Loncatan

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Biro Reklamasi Amerika serikat jenis loncatan dapat dibeda-bedakan berdasarkan bilangan Froude (F_1) aliran yang terlibat (Chow, 1989), yaitu: (1) Aliran kritis, (2) Loncatan berombak, (3) Loncatan lemah, (4) Loncatan berosilasi, (5) Loncatan tunak, (6) Loncatan kuat.

Untuk $F_1 = 9$ dan yang lebih besar, kecepatan semburan yang tinggi akan memisahkan hempasan gelombang gulung dari permukaan loncatan, menimbulkan gelombang di hilir. Jika permukaannya kasar akan mempengaruhi gelombang yang terjadi. Gerakan loncatan jarang terjadi, tetapi efektif karena peredaman energinya dapat mencapai 85%.



Gambar 1. Jenis-jenis loncatan hidraulik (Chow, 1989)



Gambar 2. Kedalaman konjugasi dan jarak loncatan hidraulik terjunan tegak (Montes, 1998)

Penelitian tentang aliran superkritis yang terbentuk pada saluran tejuan tegak telah banyak dilakukan, antara lain oleh Moore (1943) Rand (1955) dan Dominguez (1958, 1974) (Montes, 1998).

Berdasarkan penelitian Dominguez, pada kondisi saluran segi empat mendatar seperti pada gambar 2.2, diperoleh hubungan (Montes, 1998):

$$d/y_c = 3 [a/y_c]^{0.3}$$

Menurut Rand (1943):

$$d/y_c = 4,3 [a/y_c]^{0.19}$$

Menurut Dominguez (1944)

$$L/y_c = 18 - 20 [y_1/y_c]$$

Diasumsikan bahwa panjang loncatan harus memberikan panjang minimum kolam olakan:

$$L_B/y_c = 3 [a/y_c]^{0.3} + (18 - 20 [y_1/y_c])$$

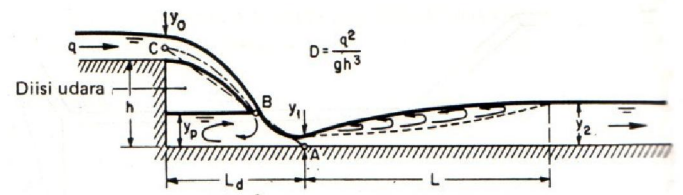
Tinggi energi yang terjadi dapat dirumuskan

$$E_0 = a + 1,5 y_c$$

Berdasarkan penelitian Moore, Bakhmeteff, Feodoroff, dan Rand telah mendapatkan bukti bahwa geometri aliran pada pelimpah terjunan lurus dapat dijelaskan dengan fungsi bilangan terjunan yang didefinisikan sebagai (Chow, 1989):

$$D = q^2/gh^3$$

Dengan q adalah debit tiap satuan lebar, g percepatan gravitasi bumi, dan h adalah tinggi terjunan.



Gambar 3. Geometri aliran pada terjunan tegak (Chow, 1989)

$$L_d/h = 4.3 D^{0.27}$$

$$y_p/h = D^{0.22}$$

$$y_1/h = 0.54 D^{0.425}$$

$$y_2/h = 1.66 D^{0.27}$$

dengan:

L_d = panjang terjunan,

y_p = kedalaman genangan di bawah air limpah,

y_1 = kedalaman di kaki tirai luapan atau kedalaman pada tempat mulainya loncatan,

y_2 = tinggi muka air hilir.

2.3 Terjunan Berkisi

Biro Reklamasi Amerika Serikat mengembangkan terjunan berkisi sebagai rancangan pengganti untuk kolam olakan USBR IV. Pada rancangan ini, kisinya dapat terdiri dari sejumlah balok yang terdiri dari rel-rel besi, besi-besi saluran, atau dari kayu yang akan membentuk lubang-lubang searah dengan aliran. Lebar lubang adalah sama dengan 1/3 lebar balok. Jika rel-rel dipasang 3° arah hilir, kisinya dapat bersih dengan sendirinya akibat aliran air, sebaliknya jika kisi dipasang ke arah hulu, maka kisi dapat mengukur permukaan air

ke hulu, tetapi timbul masalah pembersihannya.

Panjang lubang kisi dapat dihitung dengan persamaan (Chow, 1989):

$$L_g = 4,1 Q [W N \sqrt{(2gy_1)}]^{-1}$$

dengan:

L_g = panjang lubang kisi (ft)

W = lebar (ft)

G = percepatan gravitasi (ft/s^2),

Peterka (1964) merekomendasikan koefisien debit $C_d = 0.245$ untuk digunakan penentuan panjang kisi. Panjang kisi yang digunakan menggunakan persamaan (Montes, 1998):

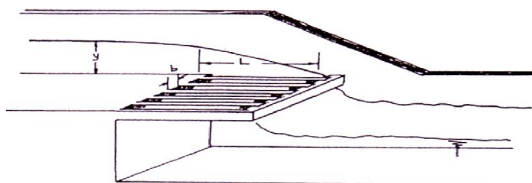
$$L = Q \{C_d b N \sqrt{(2gy)}\}^{-1}$$

dengan:

N = jumlah lubang kisi,

b = lebar tiap kisi (m), dan

y = tinggi muka air di hulu (m).



Gambar 4. Terjunan tegak berkisi (Montes, 1998)

2.4 Model Fisik Hidraulik

Model fisik hidraulik adalah membuat bangunan air yang telah direncanakan sebelum diwujudkan benda aslinya, dengan ukuran yang diperkecil atau dibuat dengan skala yang lebih kecil dari bangunan asli. Pengecilan ini yang disebut model, sedangkan bangunan asli disebut prototipe.

Keunggulan model fisik hidrolika, antara lain (Triatmodjo, 1996):

1. Dapat diprediksi kelakuan dan kerja suatu bangunan yang akan dibuat,
2. Beberapa kekurangan yang tidak atau belum diperkirakan akan terjadi, dapat segera diketahui sehingga kekurangan tersebut dapat segera dihindari,
3. Dapat ditinjau beberapa alternatif perencanaan, sehingga dapat segera dipilih bangunan yang paling optimum.

2.5 Skala Model dan Konstruksi Model

Definisi dari skala model adalah rasio antara nilai masing-masing parameter yang ada di prototipe dengan nilai masing-masing parameter yang ada di model. Prinsip pembuatan skala adalah membentuk kembali masalah yang ada di prototipe dengan suatu angka perbandingan. Sehingga kejadian (fenomena) yang ada di model sebangun dengan kondisi di prototipe.

Hubungan antara model dan prototipe dipengaruhi oleh hukum-hukum sifat sebangun hidraulika. Perbandingan antara prototipe dan model disebut dengan skala model. Dalam merencanakan suatu model terdapat sifat-sifat kesebangunan model, yang amat menentukan ketelitian model tersebut. Yang dimaksudkan dengan kesebangunan tersebut adalah (1) Sebangun geometris, disebut juga dengan sebangun bentuk, yaitu perbandingan antara ukuran analog prototipe dengan model harus sama besarnya. Perbandingan yang digunakan

adalah panjang, luas dan volume, (2) Sebangun kinematis, yaitu sebangun gerakan. Perbandingan yang digunakan adalah waktu, kecepatan dan debit, (3) Sebangun dinamis, yaitu kesebangunan gaya-gaya yang terjadi bila gerakannya sebangun kinematis, dan rasio dari massa yang bergerak serta gaya penyebabnya sudah homolog besarnya.

Apabila hubungan antar skala dan kesebangunan telah terpenuhi, maka tingkat ketelitian perlu diperhatikan sehubungan dengan besarnya nilai skala yang digunakan. Skala model yang digunakan dalam pengujian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut :

- a. Tujuan dari pengujian
- b. Ketelitian yang diharapkan
- c. Fasilitas yang tersedia di laboratorium
- d. Waktu dan biaya yang tersedia

2.6 Analisa Dimensi

Permasalahan yang ada dalam hidrolika bisa didekati dengan analisa dimensi, yaitu suatu teknik matematik yang berhubungan dengan dimensi dari suatu besaran fisik yang berpengaruh pada permasalahan yang dihadapi. Semua besaran fisik dapat dinyatakan dalam suatu sistem gaya F-L-T (*force-length-time*) atau M-L-T (*mass-length-time*). Ketiga besaran ini disebut dengan besaran dasar. Besaran lainnya seperti percepatan, kecepatan, debit, dan sebagainya dapat diturunkan dari ketiga dimensi dasar tersebut.

Salah satu metode analisa dimensi adalah Metode π Buckingham. Prinsip

Metode π Buckingham adalah apabila terdapat n variabel di dalam persamaan kesamaan dimensi, dan jika variabel tersebut terdiri dari m dimensi dasar (M-L-T), maka variabel tersebut dapat dikelompokkan ke dalam $(n-m)$ suku bebas tak berdimensi.

2.7 Kalibrasi dan Verifikasi

Kalibrasi adalah proses menguji kesamaan parameter model dengan kondisi lapangan agar dapat digunakan sebagai acuan pengukuran selanjutnya. Proses kalibrasi dilakukan terhadap alat ukur yang digunakan dalam penelitian, yaitu kalibrasi alat ukur kecepatan dan kalibrasi debit aliran yang terjadi.

Verifikasi adalah sebuah proses pembuktian bahwa model sudah sesuai dengan apa yang dikehendaki di lapangan. Pembuktian pengujian ini meliputi kondisi aliran yang terjadi akibat adanya terjunan dan penambahan kisi peredam.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Fasilitas Penelitian

Untuk mendukung pelaksanaan penelitian digunakan fasilitas Laboratorium Hidraulika Dasar Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dengan alat-alat sebagai berikut:

1. Flume yang digunakan mempunyai lebar 7,8 cm dan tinggi 22 cm,
2. Bahan terjunan dibuat dari kayu dengan tiga variasi ketinggian, 6 cm, 8 cm dan 10 cm,

3. Kisi peredam dibuat dari fiberglass dan ditempatkan di ujung terjunan dengan dimensi tertentu: panjang 18 cm, lebar 7,8 cm, berkisi lubang 4 buah dengan jarak lubang 0,7 cm
4. Perlakuan debit dilakukan dengan 8 variasi debit.
5. Model bangunan terjunan tegak dibuat dari bahan kayu,
6. Pompa dengan kapasitas tertentu,
7. Bak penampung air untuk menyuplai air ke model yang dilengkapi dengan kran pengatur air dan alat pengukur debit sehingga dapat diketahui debit yang mengalir adalah konstan,
8. Meteran taraf (*point gauge*) untuk mengukur ketinggian aliran air,
9. Tabung pitot dan *current meter* untuk mengukur kecepatan aliran.

3.2 Rancangan Pengujian

Pengujian perilaku hidraulika aliran di bangunan terjunan tegak berkisi diuji dalam beberapa kondisi model sebagai berikut :

1. Model seri 0, merupakan model *original design* yaitu terjunan tegak tanpa kisi.
2. Model seri 1, 2, dan 3, merupakan *alternative design*, yaitu terjunan tegak berkisi.

3.3 Jenis Pengamatan dan Pengukuran

Selama berlangsungnya pengujian terhadap beberapa variasi debit, pengamatan dan pengukuran dilakukan pada titik-titik yang ditentukan, sebagai berikut:

1. Pengukuran kedalaman air pada hulu dan hilir terjunan tegak,
2. Mengamati kondisi tinggi dan panjang loncatan yang terjadi,
3. Pengukuran kecepatan aliran pada hulu dan hilir terjunan tegak,

Tabel 1. Perlakuan penelitian

Seri	Bangunan	Variasi Kedalaman Air Hulu
0	Terjunan Tegak (<i>Original</i>)	$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
		$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
		$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
I	Terjunan Peredam Energi Alternatif 1	$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
		$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
		$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
II	Terjunan Peredam Energi Alternatif 2	$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
		$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
		$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
III	Terjunan Peredam Energi Alternatif 3	$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
		$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$
		$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8$

Tabel 2. Deskripsi Penelitian

No	KEGIATAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	PENGAMATAN
1.	Pengujian Terjunan Tegak (<i>Original Design</i>)	Kondisi aliran pada hulu dan hilir, tinggi dan panjang loncatan yang terjadi.	Kondisi aliran sebelum dan sesudah kisi-kisi terjunan
2.	Pengujian Terjunan Tegak Berkisi (alternatif 1)	Dapat diketahui fenomena loncatan hidraulik dan parameter aliran	
3.	Pengujian Terjunan Tegak Berkisi (alternatif 2)		
4.	Pengujian Terjunan Tegak Berkisi (alternatif 3)		

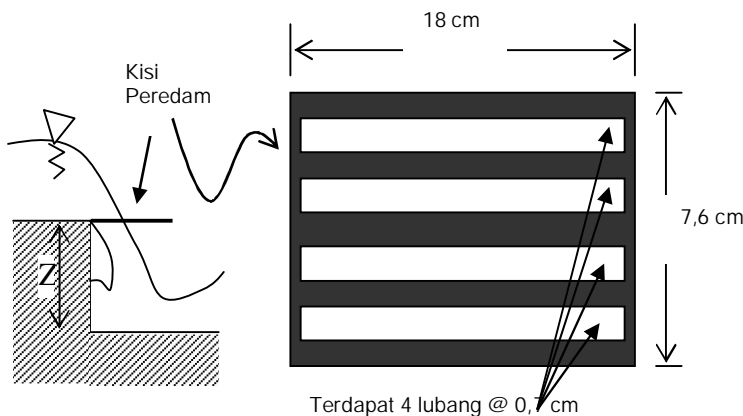
3.4 Analisa Dimensi

Metode analisa dimensi yang dipakai pada penelitian ini adalah metode π Buckingham. Pengkajian penelitian ini menyangkut banyak parameter dan variabel yang berpengaruh. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan pengelompokan, meliputi:

1. Variabel bebas: Tinggi bangunan terjunan tegak (z), Kedalaman air hulu

- (y_0), Panjang kisi peredam (L_{kisi}), Lebar kisi peredam (b_{kisi})
- Variabel tergantung: Debit (Q), Kecepatan (v), Kedalaman kritis (y_c), Kedalaman air sebelum loncatan (y_1), Kedalaman air setelah loncatan (y_2), Panjang loncatan hidrolis (L_d)
 - Variabel yang lain: percepatan gravitasi (g)

Sebagai variabel berulang dipilih Kedalaman air hulu (y_0) dan percepatan gravitasi (g).



Gambar 5. Sketsa bentuk kisi peredam yang ditempatkan pada ujung terjunan tegak

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. Persamaan kurva hubungan antara z/ y_c dengan y_2/y_1 sebelum dan sesudah menggunakan kisi peredam

No	Z (cm)	Persamaan Kurva	
		Terjunan tegak	Terjunan tegak berkisi peredam
1	6	$(y_2/y_1) = 1,6236(Z/ y_c)^{0,4113}$	$(y_2/y_1) = 1,1627(Z/ y_c)^{-0,31}$
2	8	$(y_2/y_1) = 1,7432(Z/ y_c)^{0,3115}$	$(y_2/y_1) = 1,3334(Z/ y_c)^{-0,2993}$
3	10	$(y_2/y_1) = 1,8835(Z/ y_c)^{0,2814}$	$(y_2/y_1) = 1,411(Z/ y_c)^{-0,2492}$

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4. Persamaan kurva hubungan antara z/ y_c dengan y_2/y_1 sebelum dan sesudah menggunakan kisi peredam

No	Z (cm)	Persamaan Kurva	
		Terjunan tegak	Terjunan tegak berkisi peredam
1	6	$(y_2/y_1) = 2,8529(Z/ y_c)^{0,5532}$	$(y_2/y_1) = 1,942(Z/ y_c)^{-0,1109}$
2	8	$(y_2/y_1) = 3,0014(Z/ y_c)^{0,4985}$	$(y_2/y_1) = 2,4044(Z/ y_c)^{-0,2369}$
3	10	$(y_2/y_1) = 3,16(Z/ y_c)^{0,4766}$	$(y_2/y_1) = 2,3582(Z/ y_c)^{-0,1498}$

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 5. Persamaan kurva hubungan antara z/ y_c dengan Fr_1 sebelum dan sesudah menggunakan kisi peredam

No	Z (cm)	Persamaan Kurva	
		Terjunan tegak	Terjunan tegak berkisi peredam
1	6	$(Fr_1) = 2,3262(Z/ y_c)^{0,5038}$	$(Fr_1) = 1,6894(Z/ y_c)^{-0,0908}$
2	8	$(Fr_1) = 2,4202(Z/ y_c)^{0,4602}$	$(Fr_1) = 2,0142(Z/ y_c)^{-0,1944}$
3	10	$(Fr_1) = 2,5285(Z/ y_c)^{0,4429}$	$(Fr_1) = 1,9852(Z/ y_c)^{-0,124}$

Sumber : hasil perhitungan

Untuk terjunan tegak, nilai y_1 penelitian dan y_1 empiris mempunyai perbedaan yang tidak terlalu signifikan dengan angka kesalahan relatif kurang dari 10%. Hal ini terjadi pada semua variasi tinggi terjunan (z) yaitu pada $z = 6$, $z = 8$ dan $z = 10$. Angka kesalahan relatif yang kurang dari 10% menunjukkan bahwa penentuan koordinat y_1 dan y_2 penelitian dapat diprediksi dengan perhitungan empiris dengan tingkat keakuratan 90%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian dalam penggunaan rumus dari bilangan terjun (D_n) untuk terjunan dengan ujung tegak. Besar y_1 yang terjadi adalah antara 0,38-2,14 cm. Hal serupa juga terjadi pada perbandingan y_2 empiris dan y_2 penelitian

pada terjunan tegak. Besar y_2 yang terjadi adalah antara 3,07-8,30 cm.

Demikian pula yang terjadi pada bilangan Froude (Fr_1) nilai Fr_1 penelitian dan Fr_1 empiris mempunyai perbedaan yang tidak terlalu signifikan dengan angka kesalahan relatif kurang dari 10%. Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai antara 2,738 sampai 6,056. Dari sini terlihat bahwa loncatan yang terjadi adalah sebagian besar jenis loncatannya berisolasi yang mempunyai nilai antara 2,738 – 4,424 dan sebagian kecil termasuk loncatan tunak yang mempunyai nilai antara 4,573 – 6,056.

Sedangkan pada perbandingan panjang loncatan hidrolis (L_d) penelitian dengan perhitungan rumus bilangan terjun diketahui bahwa nilai L_d penelitian dan L_d empiris mempunyai perbedaan yang tidak terlalu signifikan dengan angka kesalahan relatif kurang dari 10%. Hal ini terjadi pada semua variasi tinggi terjunan (z) yaitu pada $z = 6$ cm, $z = 8$ cm, $z = 10$ cm untuk terjunan tegak. Angka kesalahan relatif yang kurang dari 10% menunjukkan bahwa penentuan koordinat L_d penelitian dapat diprediksi dengan perhitungan empiris dengan tingkat keakuratan 90%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian dalam penggunaan rumus untuk perhitungan panjang loncatan dari bilangan terjun (Dn) untuk terjunan dengan ujung tegak dan radial. panjang loncatan yang terjadi pada terjunan tegak adalah antara 6,8-21,0 cm.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Dari perhitungan diperoleh keterangan bahwa pada terjunan tegak nilai $Z/y_c = 1,463 - 8,264$ maka nilai $y_c/y_1 = 1,895 - 3,236$, sedangkan terjunan tegak berkisi peredam nilai $Z/y_c = 1,395 - 6,667$ maka nilai $y_c/y_1 = 0,719 - 1,166$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penempatan kisi peredam di ujung terjunan bisa mempengaruhi nilai y_c/y_1 , yaitu nilai y_c/y_1 menjadi semakin kecil.
2. Pada terjunan tegak nilai $Z/y_c = 1,463 - 8,264$ maka nilai $y_2/y_1 = 3,405 - 8,079$, sedangkan terjunan tegak berkisi peredam nilai $Z/y_c = 1,395 - 6,667$ maka nilai $y_2/y_1 = 1,541 - 2,079$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penempatan kisi peredam di ujung terjunan bisa mempengaruhi nilai y_2/y_1 , yaitu nilai y_2/y_1 menjadi semakin kecil.
3. Terjunan tegak dengan nilai $Z/y_c = 1,463 - 8,264$ maka nilai $Fr_1 = 2,738 - 6,056$, sedangkan terjunan tegak berkisi peredam nilai $Z/y_c = 1,395 - 6,667$. Maka nilai $Fr_1 = 1,399 - 1,789$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penempatan kisi peredam di ujung terjunan bisa mempengaruhi nilai Fr_1 , yaitu bisa menurunkan nilai Fr_1 yang terjadi.
4. Pada terjunan tegak nilai $Z/y_c = 1,463 - 8,264$ maka nilai $L_d/y_1 = 9,429 -$

21,053, sedangkan terjunan tegak berkisi peredam nilai $Z/y_c = 1,395 - 6,667$ maka nilai $Ld/y_1 = 1,987 - 4,087$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penempatan kisi peredam di ujung terjunan bisa mempengaruhi nilai Ld/y_1 , yaitu bisa menurunkan nilai Ld/y_1 yang terjadi.

5. Berdasarkan analisa mengenai pengaruh tinggi terjunan tegak terhadap kondisi loncatan hidrolis yang terjadi didapatkan : Nilai y_c/y_1 untuk $Z = 6$ cm berkisar antara 1,916 – 2,788, $Z = 8$ cm berkisar antara 2,24 – 3,22 dan $Z = 10$ cm berkisar antara 2,356 – 3,184. Nilai y_2/y_1 untuk $Z = 6$ cm berkisar antara 3,710 – 6,077, $Z = 8$ cm berkisar antara 4,323 – 7,61 dan $Z = 10$ cm berkisar antara 4,611– 8,079. Untuk $Z = 6$ cm nilai Fr_1 berkisar antara 2,738 – 4,637, $Z = 8$ nilainya Fr_1 berkisar antara 3,252– 5,724 dan $Z = 10$ cm nilai Fr_1 antara 3,597– 6,056. Untuk $Z = 6$ cm nilai Ld/y_1 berkisar antara 9,813 – 13,077, $Z = 8$ nilainya berkisar antara 10,417 – 18,293 dan $Z = 10$ cm nilai Ld/y_1 antara 11,667 – 21,053. Jadi dari analisa dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi bangunan terjunan tegak, maka nilai dari : y_c/y_1 , y_2/y_1 , Fr_1 , dan Ld/y_1 menjadi semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, Ven Te. (1989) *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga, Jakarta.
- Hager, W. H., (1992) *Energi Dissipators and Hydraulic Jump*, Kluwer Academic publisher.
- Montes, Sergio. (1998) *Hydraulics of Open Channel Flow*, ASCE Press, Reston USA.
- Priyantoro & Suprijanto. (1998) *Pengujian Karakteristik Debit Pengaliran pada Bangunan Bagi Debit Tipe ALB-II (Ambang Lebar Berconduit-II) dengan Pendekatan Model Fisik*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.
- Raju, K. G. R. (1986) *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Erlangga, Jakarta.
- Subramanya, (1986) *Flow in Open Channel*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Triatmodjo, B. (1996) *Hidraulika II*. Beta Offset, Yogyakarta.