



PENGARUH PARAMETER ALIRAN TERHADAP LETAK AWAL LONCAT AIR MELALUI PINTU SORONG TEGAK (*SLUICE GATE*)

Bambang Sujatmoko^{1*}, Nin Silia¹, Mudjiatko¹
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau¹

*Corresponding email : b.sujatmoko@eng.unri.ac.id

Received: (24 Oktober 2021)

Accepted: (16 Desember 2021)

Published : (30 Desember 2021)

Abstract

One of the problems that often occurs in the hydraulic jump through the sluice gate is the determination of the initial location of hydraulic jump. This study discusses how to solve this problem. Research on the characteristics of hydraulic jump through the sluice gate has been conducted using the sluice gate model placed on the flume model with a channel width of 0.078 m. There were 5 variations of the simulated flow rate, namely: 0.001633 m³/s, 0.001705 m³/s, 0.001783 m³/s, 0.00185 m³/s and 0.001955 m³/s, and 5 variations of gate openings for each discharge: 0.028 m, 0.025 m, 0.023 m, 0.020 m and 0.018 m. The research data were analyzed using the Buckingham dimensional analysis method so that were obtained in the dimensionless numbers and depicted in a graphic of the relationship between parameters. The results of the research and the graphic analysis show that the relationship between parameters to the initial location of hydraulic jump is not linear. The initial location of hydraulic jump is influenced by the downstream water level (y_3/a) and the type of hydraulic jump and discharge ($a^5.g/Q^2$) which is indicated by a logarithmic and exponential relationship. From the verification between the results of the graph and the results of research in the laboratory, the error rate is less than 10%.

Keywords: hydraulic jump, sluice gate, initial location of hydraulic jump, dimensionless number

Abstrak

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada loncat air melalui pintu sorong tegak (*sluice gate*) adalah penentuan letak awal loncat air. Penelitian ini membahas cara untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Penelitian karakteristik loncat air melalui pintu sorong tegak dilakukan dengan menggunakan model pintu sorong tegak yang diletakkan pada model saluran terbuka (*flume*) dengan lebar saluran 0,078 m. Debit aliran yang disimulasikan ada 5 variasi, yaitu : 0,001633 m³/det, 0,001705 m³/det, 0,001783 m³/det, 0,00185 m³/det dan 0,001955 m³/det, dengan 5 variasi bukaan pintu untuk masing-masing debit: 0,028 m, 0,025 m, 0,023 m, 0,020 m dan 0,018 m. Data hasil penelitian dianalisis dengan analisis dimensi metode Buckingham sehingga diperoleh hasil dalam bentuk bilangan tak berdimensi dan digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antar parameter. Hasil penelitian dan analisis grafik menunjukkan bahwa hubungan antar parameter terhadap letak awal loncat air tidak linier. Letak awal loncat air dipengaruhi oleh muka air hilir (y_3/a) dan tipe loncat air dan debit ($a^5.g/Q^2$) yang ditunjukkan dengan hubungan logaritma dan eksponensial. Dari hasil verifikasi antara hasil grafik dengan hasil penelitian di laboratorium diperoleh tingkat kesalahan lebih kecil dari 10 %.

Kata Kunci: loncat air, pintu sorong tegak, letak awal loncat air, bilangan tak berdimensi

To cite this article:

Sujatmoko dkk. (2021). Pengaruh Parameter Aliran Pada Letak Awal Loncat Air Awal Melalui Pintu Sorong Tegak. *Jurnal SENDI*, Vol(2) No.2, 57-66.

PENDAHULUAN

Loncat air (*hydraulic jump*) merupakan salah satu fenomena yang terjadi pada aliran saluran terbuka dan merupakan salah satu contoh bentuk aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*). Penelitian pertama kali mengenai loncat air ini dilakukan oleh Bidone, seorang sarjana Italia pada tahun 1818 (dalam Chow, 1997 ; Triatmodjo,

2003). Hal ini memberikan gagasan kepada para peneliti lain untuk melakukan penelitian lebih lanjut, salah satunya adalah Belanger (1828) (dalam Yen J.F. *et al*, 2001) yang menemukan bukti bahwa loncat air pada saluran curam seringkali dihasilkan oleh penghalang pada aliran yang semula seragam.

Fenomena loncat air yang menarik untuk diteliti adalah loncat air yang diakibatkan oleh pintu sorong tegak (*sluice gate*). Kondisi ini biasanya terdapat pada saluran sehingga menghambat aliran dan menyebabkan timbulnya fenomena loncat air di bagian hilir pintu tersebut. Pintu sorong secara umum digunakan untuk mengontrol aliran pada irigasi dan saluran drainase (Kodoatie, 2002). Jika tinggi bukaan pintu lebih kecil daripada kedalaman kritis, maka aliran di hilir akan berubah menjadi superkritis secara tiba-tiba. Aliran melalui pintu ini dapat berupa aliran bebas (*freeflow*) ataupun aliran tenggelam (*submerged flow*), namun penelitian ini akan difokuskan pada loncat air pada aliran bebas (lihat Gambar 1a).

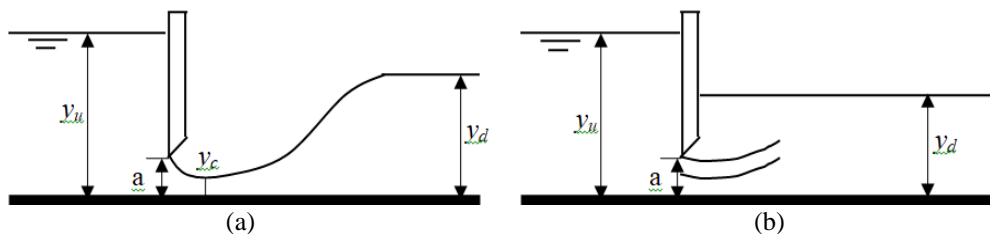
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui beberapa karakteristik dari loncat air yang terjadi di bawah pintu sorong vertikal dengan saluran berbentuk persegi dengan dasar saluran mendatar tanpa kekasaran serta untuk mengetahui pengaruh dari beberapa parameter loncat air terhadap letak awal loncat air yang terjadi. Perhitungan dilakukan secara empirik yang hasilnya digambarkan dalam bentuk grafik berdasarkan data penelitian di laboratorium, selanjutnya akan dilakukan verifikasi antara hasil hitungan dengan hasil simulasi dari pengujian ulang di laboratorium.

Loncat Air (hydraulic jump)

Loncat air (*hydraulic jump*) adalah salah satu contoh kasus aliran berubah tiba-tiba (*rapidly varied flow*) yang terjadi apabila suatu aliran superkritis harus berubah menjadi aliran subkritis akibat dari perubahan kedalaman yang mendadak terhadap kedalaman lanjutannya, dan pada perubahan aliran tersebut terjadi pembuangan energi.

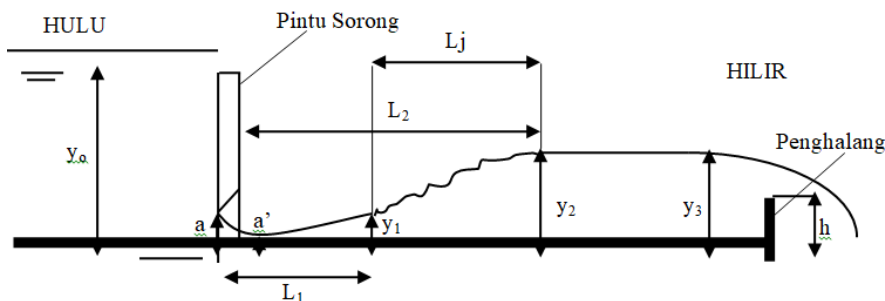
Aliran Melalui Pintu Air (Sluice Gate)

Aliran melalui pintu air dapat dibedakan atas dua tipe, yaitu aliran bebas (*free flow*) dan aliran tenggelam (*submerged flow*). Menurut Cunge *et.al* (1980), aliran bebas terjadi jika kondisi aliran di hulu pintu (y_u) adalah sub-kritik dan di hilir pintu adalah super-kritik (Gambar 1a). Aliran tenggelam terjadi jika kedalaman air di hilir pintu (y_d) lebih besar dari kedalaman kritis, y_c (Gambar 1b). Kondisi kedua aliran ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi Aliran Bebas (a) dan Tenggelam Melalui Pintu Air (b)

Pengukuran parameter-parameter loncat air melalui pintu geser tegak di laboratorium pada penelitian ini sesuai dengan Gambar 2.



Gambar 2. Loncat Air di Bawah Pintu Sorong Tegak

Hubungan antara bilangan Froude aliran, kedalaman awal loncat air y_1 , dan kedalaman akhir loncat air y_2 dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2}(\sqrt{1 + 8F_{r1}^2} - 1) \quad (1)$$

dengan : F_{r1} = bil Froude; y_1 = kedalaman awal l. air (m); y_2 = kedalaman akhir loncat air (m)

$$F_{r1} = \frac{V_1}{\sqrt{gD}} = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{B}}} = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot \frac{B \cdot y_1}{B}}} = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot y_1}} \quad (2)$$

dengan : V_1 = kec aliran (m/s); g = percepatan gravitasi (m^2/s); y_1 = kedalaman hidraulis (m),

Panjang Loncat Air

Panjang loncat air didefinisikan sebagai jarak dari awal loncatan sampai dengan wilayah subkritis dari aliran dimana permukaan air pada dasarnya adalah mendatar (Raju, 1986), atau dapat juga didefinisikan sebagai jarak antara permukaan depan loncatan sampai suatu titik pada permukaan gulungan ombak yang segera menuju kehilir (Chow, 1997). Menurut Triatmodjo (2003), untuk mendapatkan panjang loncat air L_j , tidak ada rumus teoritis yang dapat digunakan untuk menghitungnya, panjang loncat air dapat ditentukan dengan percobaan di laboratorium. Untuk saluran persegi, L_j diambil antara 5 sampai 7 kali tinggi loncatannya :

$$L_j = 5 \text{ s/d } 7 (y_2 - y_1) \quad (3)$$

Dari beberapa penyelidikan tentang karakteristik loncat air, panjang loncat air dihitung berdasarkan beberapa rumus empiris berikut (Santoso. B, 1988):

1. Menurut Woyeiski (1931)

$$\frac{L_j}{y_2 - y_1} = c - 0,05 \frac{y_2}{y_1} \quad ; \quad \text{dengan } c = 8 \quad (4)$$

2. Menurut Smetana (1933)

$$\frac{L_j}{y_2 - y_1} = c \quad ; \quad \text{dalam praktek } c = 6 \quad (5)$$

Dari laboratorium mekanika fluida Universitas Gajah Mada Yogyakarta diperoleh $c = 4,5 - 7$ dengan : L_j = panjang loncat air (m) ; y_2, y_1 = kedalaman lanjutan (*sequent depth*).

Untuk penelitian di laboratorium, panjang loncat air secara fisik dapat dilihat dan dihitung dari jarak antara awal dan akhir loncat air yang terjadi, yaitu :

$$L_j = L_2 - L_1 \quad (6)$$

dengan : L_2 = jarak akhir loncat air ke pintu (m); L_1 = **jarak awal loncat air ke pintu** (m)

Pada penelitian, yang diamati adalah loncat air di bawah pintu sorong tegak (*sluice gate*). Untuk itu, persamaan debit yang akan digunakan adalah persamaan debit aliran di bawah pintu sorong yaitu (Triatmodjo, 1995) sebagai berikut:

$$Q = Cd \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta Y} \quad (7)$$

dengan: Q = debit aliran (m^3/det), A = Luas tampang aliran (m^2), Cd = Koefisien debit, g = percepatan gravitasi (m^2/det), ΔY = selisih tinggi muka air hulu dan hilir (m), untuk kasus ini = $y_0 - a' = y_0 - Cc \cdot a$

$$\text{maka: } Q = Cd \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (y_0 - Cc \cdot a)} \quad (8)$$

dengan: a = tinggi bukaan pintu (m), b = lebar saluran (m), y_0 = kedalaman air di hulu (m), Cc = koef kontraksi

Koefisien Kontraksi, Cc (Contraction Coefficient)

Koefisien kontraksi didefinisikan sebagai perbandingan antara kedalaman air pada vena kontrakta a' , yang mana merupakan kedalaman air minimum dihilir pintu terhadap tinggi bukaan pintu a . Untuk perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Cc = \frac{a'}{a} \quad (9)$$

dengan : Cc = koefisien Kontraksi, a' = kedalaman air minimum hilir pintu (m), a = tinggi bukaan pintu (m)

Secara teoritis (Henderson, 1966 dalam Yen, J.F. *et al*, 2001), untuk pintu sorong tegak dengan ujung miring tajam, nilai Cc berkisar 0,598 – 0,611, namun juga ditemukan antara 0,61 – 0,74.

Koefisien Debit, Cd (discharge coefficient)

Koefisien debit untuk aliran bebas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Subramanya, 1982) :

$$Cd = \frac{C_c}{\sqrt{1 - \left(\frac{C_c a}{y_o}\right)^2}} \quad (10)$$

dengan : Cd = koefisien debit

Metoda Buckingham

Theorema Buckingham, menurut Triatmodjo (1995) adalah apabila terdapat n variabel di dalam persamaan kesamaan dimensi, dan jika variabel tersebut terdiri dari m dimensi dasar seperti ($M - L - T$) maka variabel tersebut dapat dikelompokkan ke dalam $(n-m)$ suku bebas tak berdimensi.

Misalkan suatu fungsi variabel x_1 tergantung pada variabel bebas $x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$, maka fungsi tersebut dapat ditulis dalam bentuk :

$$x_1 = k(x_2, x_3, x_4, \dots, x_n) \quad (11)$$

Persamaan tersebut dapat ditulis dalam bentuk :

$$f(x_2, x_3, x_4, \dots, x_n) = C \quad (12)$$

dengan C adalah konstanta dan f adalah fungsi. Dalam persamaan tersebut terdapat n variabel, dan apabila m dimensi dasar, maka berdasarkan theorema Buckingham :

$$f_1(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \dots, \pi_n) = C \quad (13)$$

Di dalam penggunaan theorema π Buckingham ini perlu diperhatikan urutan langkah berikut ini : (a) Tulis persamaan yang mengandung n variabel yang berpengaruh di dalam permasalahan yang ditinjau, (b) identifikasi variabel bebas, (c) tentukan m variabel berulang dan tulis bentuk dari masing-masing nilai π . Setiap bentuk π terdiri dari variabel berulang dan satu variabel lain. Variabel berulang ditulis dalam bentuk pangkat, (d) dengan bantuan prinsip kesamaan dimensi dicari nilai a, b, c, \dots dengan cara yang sama dengan metoda Rayleigh, (e) masukkan nilai-nilai pangkat tersebut pada persamaan, dan (f) sesudah persamaan π ditentukan, tulis hubungan yang dicari.

Tidak ada aturan yang jelas di dalam menentukan m variabel berulang, tetapi perlu diperhatikan beberapa hal berikut ini : (a) variabel-variabel harus mempunyai dimensi, (b) tidak boleh ada dua atau variabel yang mempunyai dimensi sama, dan (3) sedapat mungkin variabel berulang adalah variabel bebas.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.

Peralatan Penelitian

Satu set model saluran terbuka dengan dinding *fiber glass* yang diletakkan pada struktur rangka baja kaku, dengan dasar saluran dapat diubah-ubah kemiringannya menggunakan *jack hydraulic*. Terdapat rel pada bagian atas saluran agar *point gauge* dapat digeser-geser sepanjang saluran. Saluran ini dilengkapi pula dengan tangki pelayanan serta pompa sirkulasi air (*hydraulic bench*) dan alat ukur debit. Model saluran terbuka yang digunakan dalam penelitian mempunyai panjang 4,84 m, lebar 0,078 m dan tinggi 0,25 m. **Model pintu sorong tegak** (*sluice gate*) merupakan tiruan pintu sorong yang banyak digunakan disaluran irigasi. Model ini terbuat dari baja dengan pintu dapat dinaik turunkan sesuai dengan tinggi bukaan pintu yang dikehendaki. **Peralatan pendukung**: *point gauge*, kamera, stop watch, mistar.

Penetapan Variasi Debit Aliran

Debit yang digunakan untuk penelitian ini ditetapkan 5 (lima) variasi : 0,001633 m³/det, 0,001705 m³/det, 0,001783 m³/det, 0,001863 m³/det dan 0,001955 m³/det. Debit yang dipakai adalah debit air yang jika diatur tinggi bukaan pintu terkecil yang dipakai airnya tidak melimpah, serta debit air yang dipakai tidak terlalu kecil untuk tinggi bukaan pintu terbesar.

Penetapan Tinggi Bukaan Pintu

Tinggi bukaan pintu yang digunakan dalam penelitian ditetapkan sebanyak 5 (lima) variasi: 0,028 m, 0,025 m, 0,023 m, 0,020 m dan 0,018m.

Penetapan Tinggi Penghalang/Bendung di Hilir Saluran

Variasi tinggi penghalang/bendung ditetapkan sesuai dengan debit dan tinggi bukaan pintu yang disimulasikan, yaitu: 0,005 m, 0,010 m, 0,012 m, 0,015 m, 0,017 m, 0,020 m, 0,022 m, 0,025 m, 0,027 m, 0,030 m, 0,032 m, 0,035 m, 0,037m, 0,040 m dan 0,042m.

Penetapan Letak Model Pintu Sorong Tegak (sluice gate)

Model pintu sorong diletakkan di bagian hulu saluran sekitar 1,28 m dari bak penampung air di hulu saluran. Hal ini dilakukan agar loncat air yang diamati tidak akan dipengaruhi oleh aliran air masuk dari hulu maupun oleh perubahan elevasi air dan *backwater* akibat adanya penghalang/bendung di hilir saluran. Simulasi model loncat air pada pintu dilakukan sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1. *Running Model* dengan variasi debit, tinggi bukaan pintu dan tinggi muka air di hilir saluran

No	Running Model				
	1	2	3	4	5
1	$Q_1 a_1 h_{1-n}$	$Q_2 a_1 h_{1-n}$	$Q_3 a_1 h_{1-n}$	$Q_4 a_1 h_{1-n}$	$Q_5 a_1 h_{1-n}$
2	$Q_1 a_2 h_{1-n}$	$Q_2 a_2 h_{1-n}$	$Q_3 a_2 h_{1-n}$	$Q_4 a_2 h_{1-n}$	$Q_5 a_2 h_{1-n}$
3	$Q_1 a_3 h_{1-n}$	$Q_2 a_3 h_{1-n}$	$Q_3 a_3 h_{1-n}$	$Q_4 a_3 h_{1-n}$	$Q_5 a_3 h_{1-n}$
4	$Q_1 a_4 h_{1-n}$	$Q_2 a_4 h_{1-n}$	$Q_3 a_4 h_{1-n}$	$Q_4 a_4 h_{1-n}$	$Q_5 a_4 h_{1-n}$
5	$Q_1 a_5 h_{1-n}$	$Q_2 a_5 h_{1-n}$	$Q_3 a_5 h_{1-n}$	$Q_4 a_5 h_{1-n}$	$Q_5 a_5 h_{1-n}$

Ket : $Q_1 = 0,001633 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_2 = 0,001705 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_3 = 0,001783 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_4 = 0,001863 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_5 = 0,001955 \text{ m}^3/\text{s}$, $a_1 = 0,028 \text{ m}$, $a_2 = 0,025 \text{ m}$, $a_3 = 0,023 \text{ m}$, $a_4 = 0,020 \text{ m}$, $a_5 = 0,018 \text{ m}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien Kontraksi (Cc) dan Koefisien Debit (Cd)

Koefisien kontraksi dalam perhitungan dilakukan dengan menggunakan Pers. 10. Secara teoritis dari literatur, nilai *Cc* berkisar antara 0,598 – 0,611, namun juga ditemukan bervariasi antara 0,61 – 0,74. Nilai koefisien kontraksi rata-rata yang diperoleh dari hasil perhitungan untuk penelitian ini adalah 0,663. Koefisien debit dalam perhitungan ini diperoleh dengan menggunakan Pers. 10 dan Pers. 8. Nilai koefisien debit rata-rata yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan Pers. 10 adalah 0,669, sedangkan Pers. 8 adalah 0,635. Nilai koefisien kontraksi untuk masing-masing debit dan bukaan pintu hasil pengukuran di laboratorium.

Tabel 2. Koefisien debit masing-masing debit dan pintu

No	Q (m ³ /det)	a (m)	Cc	Cd	
				Pers.10	Pers.8
1	0,001633	0,028	0,643	0,656	0,629
		0,025	0,687	0,696	0,638
		0,023	0,696	0,702	0,631
		0,020	0,700	0,703	0,650
		0,018	0,722	0,724	0,650
2	0,001705	0,028	0,679	0,692	0,635
		0,025	0,680	0,688	0,634
		0,023	0,696	0,701	0,633
		0,020	0,700	0,702	0,625
		0,018	0,611	0,612	0,629
3	0,001783	0,028	0,670	0,713	0,634
		0,025	0,720	0,728	0,634
		0,023	0,652	0,656	0,636
		0,020	0,700	0,702	0,617
		0,018	0,667	0,668	0,635
4	0,001865	0,028	0,637	0,645	0,628
		0,025	0,593	0,597	0,629
		0,023	0,609	0,611	0,610
		0,020	0,600	0,601	0,638
		0,018	0,611	0,612	0,647
5	0,001955	0,028	0,643	0,649	0,609
		0,025	0,640	0,644	0,635
		0,023	0,652	0,655	0,626
		0,020	0,700	0,702	0,647
		0,018	0,667	0,668	0,662

Tipe-tipe Loncat Air

Penggolongan tipe-tipe loncat air yang terbentuk dilakukan berdasarkan bilangan Froude. Pada penelitian terdapat 4 (empat) tipe loncat air melalui pintu sorong tegak berdasarkan bilangan Froude-nya, yaitu loncatan

berombak ($Fr_1 = 1,0 - 1,7$), loncatan lemah ($Fr_1 = 1,7 - 2,5$), loncatan berisolasi ($Fr_1 = 2,5 - 4,5$) dan loncatan tetap ($Fr_1 = 4,5 - 9,0$). Gambar pengamatan tipe loncat berisolasi ($Fr_1 = 2,5 - 4,5$) dapat dilihat pada Gambar 3.

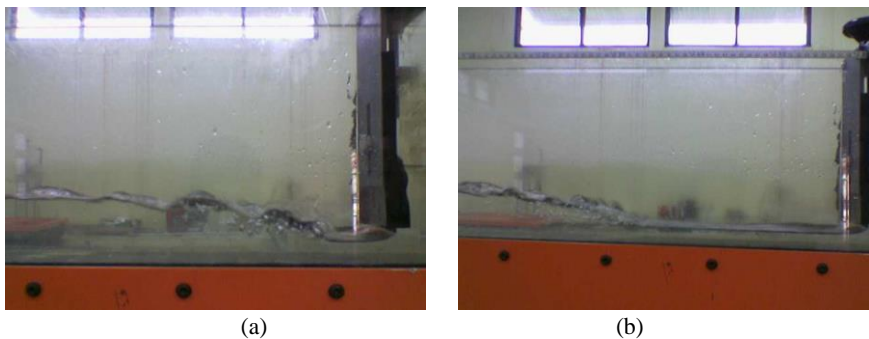
Pengaruh Debit Terhadap Letak Awal Loncat Air

Berdasarkan pengamatan di laboratorium, besar kecilnya debit yang masuk melalui pintu air akan memberikan pengaruh terhadap letak awal loncat air yang terjadi. Hal ini terlihat pada Gambar 4.a dan 4.b, semakin besar debit yang masuk ke saluran dan melewati pintu dengan tinggi bukaan pintu dan ukuran penghalang/bendung tetap, maka semakin jauh jarak awal terjadinya loncat air terhadap pintu. Hubungan ini dapat juga ditunjukkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.

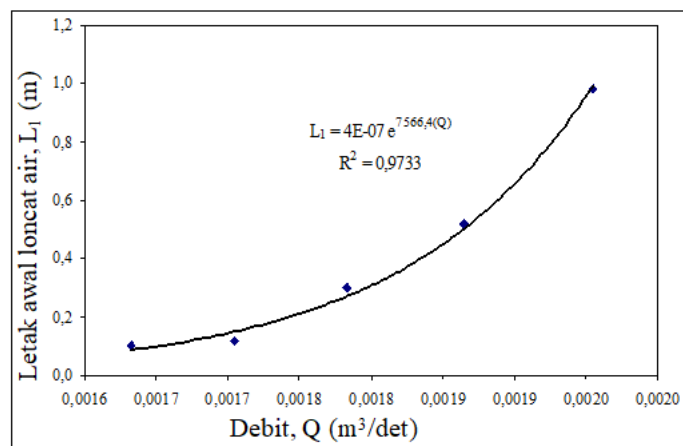
Semakin besar debit maka semakin jauh letak awal loncat air dari pintu (Gambar 4 dan 5). Hal ini disebabkan oleh dengan bertambahnya debit pada bukaan pintu dan tinggi penghalang di hilir tetap, maka energi energi dibagian hulu saluran pun semakin besar dan daya dorong air terhadap pintu pun menjadi semakin besar. Akibat dorongan yang semakin besar tersebut maka air yang melewati pintu juga akan mendapat dorongan yang semakin besar pula. Fenomena ini yang menyebabkan loncat air yang terjadi akan semakin jauh dari pintu.



Gambar 3. Hasil pengamatan di laboratorium untuk $Q_{0,001955}$ dan $a_{0,025}$ ($Fr_1 = 2.5 - 4.5$)



Gambar 4. Hasil pengamatan saat bukaan pintu sama ($a=0,028$ m) dengan debit yang berbeda (a) $Q=0,001633$ m³/s dan (b) $Q=0,001783$ m³/s

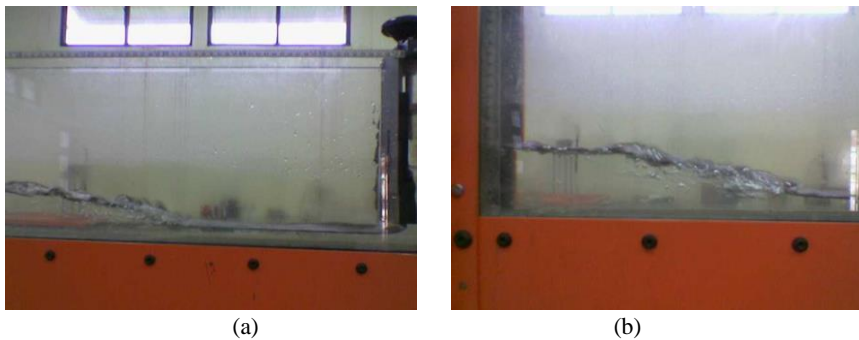


Gambar 5. Grafik pengaruh debit terhadap letak awal loncat air

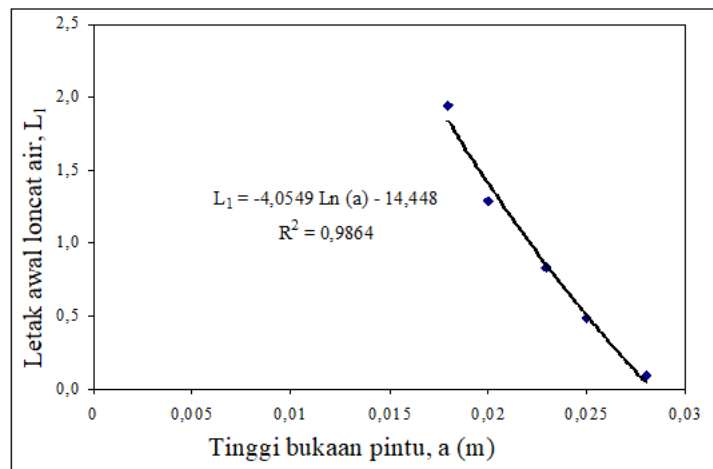
Pengaruh Tinggi Bukaannya Pintu Terhadap Letak Awal Loncat Air

Berdasarkan pengamatan di laboratorium, letak awal loncat air juga dipengaruhi besar kecilnya tinggi bukaan pintu. Dapat dilihat pada Gambar 6.a dan Gambar 6.b, semakin besar tinggi bukaan pintu pada debit dan ukuran penghalang/bendung tetap, maka semakin dekat/pendek jarak awal terjadinya loncat air terhadap pintu. Secara grafis, hubungan ini ditunjukkan dalam Gambar 7.

Fenomena ini dapat terjadi jika tinggi bukaan pintu diatur semakin membesar pada kondisi debit dan ukuran penghalang di hilir tetap, maka energi di bagian hulu akan mengecil akibat membesarnya tinggi bukaan pintu tersebut dan daya dorong air untuk melewati pintu semakin kecil. Akibat dari berkurangnya daya dorongan air melalui pintu tersebut, maka reaksi ujung loncat air yang terjadi akan semakin mundur mendekati pintu.



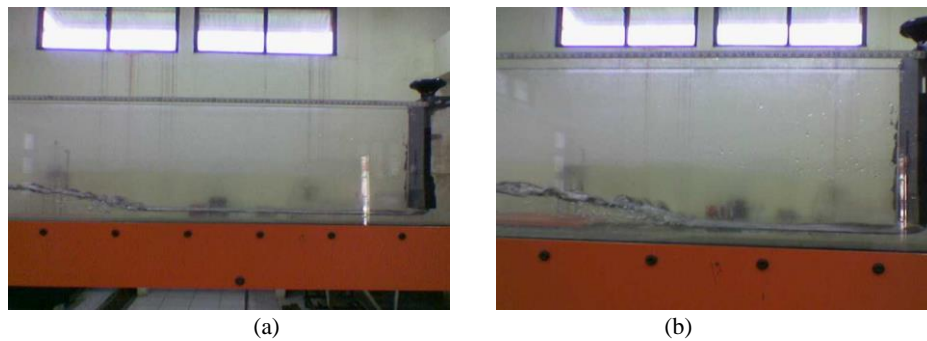
Gambar 6. Hasil pengamatan saat debit sama ($Q=0,001783 \text{ m}^3/\text{s}$) dengan bukaan pintu berbeda (a) $a=0,025 \text{ m}$ dan (b) $a=0,028 \text{ m}$



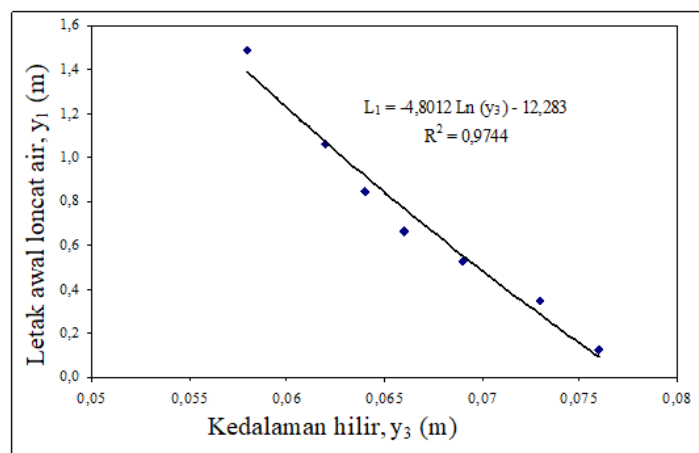
Gambar 7. Grafik pengaruh tinggi bukaan pintu terhadap letak awal loncat air

Pengaruh Elevasi Air di Hilir Saluran Terhadap Letak Awal Loncat Air

Berdasarkan pengamatan di laboratorium, letak awal loncat air yang terjadi juga dipengaruhi oleh besar kecilnya kedalaman air di hilir saluran. Dapat dilihat pada Gambar 8.a dan Gambar 8.b, semakin besar kedalaman air di hilir pada debit dan tinggi bukaan pintu tetap, maka semakin dekat/pendek jarak awal terjadinya loncat air terhadap pintu. Secara grafis, hubungan ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Hasil pengamatan pada saat debit dan bukaan pintu yang sama ($Q=0,001783 \text{ m}^3/\text{det}$, $a=0,028 \text{ m}$) dengan kedalaman air di hilir yang berbeda

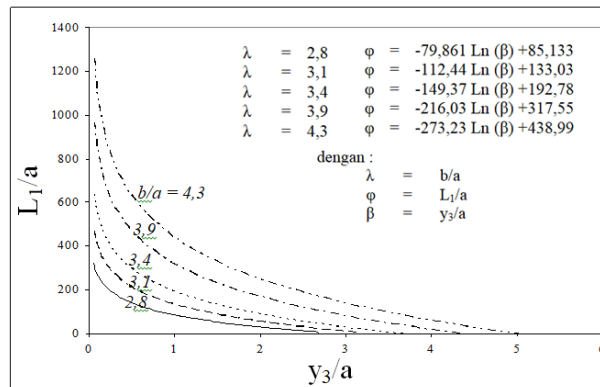


Gambar 9. Grafik pengaruh tinggi muka air di hilir pintu (y_3) terhadap letak awal loncat air

Pada penelitian ini, kedalaman air di hilir saluran semakin besar pada kondisi debit air dan tinggi bukaan pintunya tetap disebabkan oleh semakin besar ukuran penghalang/bendung yang dipasang di hilir saluran. Dengan bertambahnya kedalaman air di hilir maka loncat air yang terjadi akan terdorong ke hulu (semakin mendekati pintu). Hal ini dikarenakan jika penghalang semakin besar, maka aliran air yang melewati pintu akan semakin terhambat dan menyebabkan terjadinya arus air balik (*backwater effect*). Akibat adanya *backwater* ini maka arah aliran air akan berbalik ke arah hulu atau menuju ke arah pintu air. Fenomena ini menyebabkan ujung loncat air yang terjadi akan terdorong ke arah hulu mendekati pintu air jika penghalang yang dipasang dan kedalaman air hilir saluran semakin besar.

Pengaruh Kedalaman Hilir dan Tinggi Bukaan Pintu Terhadap Letak Awal Loncat Air.

Berdasarkan analisa dimensi metode Buckingham (*dimensionless analysis*), hubungan antara kedalaman hilir saluran dan tinggi bukaan pintu terhadap letak awal loncat air dapat dilihat pada Gambar 10. Gambar 10 menunjukkan bahwa semakin besar kedalaman air di hilir saluran (y_3/a) pada tinggi bukaan pintu tetap (a) maka letak awal loncat air (L_1/a) akan semakin mendekati pintu. Pada pengelompokan berdasarkan lebar saluran dan tinggi bukaan pintu (b/a) diperoleh bahwa semakin kecil tinggi bukaan pintu (a) maka letak awal loncat air (L_1/a) semakin menjauhi pintu.



Gambar 10. Hubungan kedalaman hilir saluran dan tinggi bukaan pintu serta letak awal loncat air

Untuk verifikasi, dilakukan pengujian ulang di laboratorium. Dari pengujian diperoleh data-data sebagai berikut : $y_3 = 0,071$ m ; $Q = 0,001731$ m³/det ; $b = 0,078$ m ; $a = 0,020$ m ; $L_1 = 0,810$ m, maka : $y_3/a = 3,55$; dan $b/a = 0,078 / 0,020 = 3,9$

Dari grafik (Gambar 10), untuk $b/a = 3,9$ dan $y_3/a = 3,55$ diperoleh : $L_1/a = 43,85$

Maka : $L_1 = 43,85 \times 0,020 = 0,877$ m

Dari hasil perhitungan, terdapat perbedaan letak awal loncat air antara hasil pengujian di laboratorium dan hasil grafik dengan besar kesalahan relatif :

$$e = \left| \frac{0,810 - 0,877}{0,810} \right| \times 100 \% = 8,27 \%$$

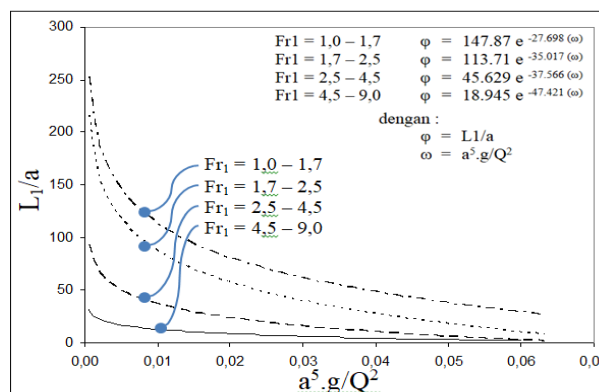
Pada Gambar 10, diperoleh persamaan yang menghubungkan parameter kedalaman air di hilir, lebar saluran, bukaan pintu dengan letak awal loncat air. Dari persamaan-persamaan pada Gambar 10, maka letak awal terjadinya loncat air dapat diperkirakan jika tinggi bukaan pintu, kedalaman hilir serta lebar saluran diketahui.

Pengaruh Debit Aliran dan Tinggi Bukaan Pintu Terhadap Letak Awal Loncat Air.

Berdasarkan analisa dimensi metode Buckingham (*dimensionless analysis*), hubungan antara debit aliran dan tinggi bukaan pintu serta hubungannya dengan lebar saluran terhadap letak awal loncat air dapat dilihat dalam Gambar 11.

Gambar 11 menunjukkan bahwa semakin besar debit aliran melalui pintu pada tinggi bukaan pintu tetap ($a^5 \cdot g/Q^2$) maka letak awal loncat air (L_1/a) akan semakin menjauhi pintu. Sedangkan dari pengelompokkan berdasarkan bilangan Froude (Fr_1) atau tipe loncat air yang terjadi diperoleh bahwa semakin besar bilangan Froudenya atau semakin kuat loncatan yang terjadi maka letak awal loncat air (L_1/a) akan semakin mendekati pintu.

Pada Gambar 11, diperoleh persamaan untuk masing-masing tipe loncatan berdasarkan bilangan Froudenya. Dari persamaan-persamaan grafik tersebut, maka letak awal terjadinya loncat air dapat diperkirakan jika terjadi pada tipe loncatan tertentu serta tinggi bukaan pintu dan debit aliran diketahui.



Gambar 11. Grafik hubungan tinggi bukaan pintu, debit aliran dan gravitasi serta letak awal loncat air

Untuk verifikasi, dilakukan pengujian ulang di laboratorium. Dari pengujian diperoleh data-data sebagai berikut : $Q = 0,002153 \text{ m}^3/\text{det}$; $b = 0,078 \text{ m}$; $a = 0,028 \text{ m}$; $y_1 = 0,021 \text{ m}$; $L_1 = 0,360 \text{ m}$, maka: $a^5 \cdot g/Q^2 = \frac{0,028^5 \times 9,81}{0,002153^2} = 0,036$; $V_1 = \frac{Q}{b \cdot y_1} = \frac{0,002153}{0,078 \times 0,021} = 1,314 \text{ m/det}$; $Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times y_1}} = \frac{1,314}{\sqrt{9,81 \times 0,021}} = 2,896$

→ ($Fr_1 = 2,5 - 4,5$)

Dari grafik (Gambar 11), untuk $a^5 \cdot g/Q^2 = 0,036$ dan $Fr_1 = 2,5 - 4,5$ diperoleh : $L_1/a = 11,8$

Maka : $L_1 = 11,8 \times 0,028 = 0,330 \text{ m}$

Dari hasil perhitungan, terdapat perbedaan letak awal loncat air antara hasil pengujian di laboratorium dan hasil grafik dengan besar kesalahan relatif :

$$e = \frac{0,360 - 0,330}{0,360} \times 100\% = 8,33\%$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antar parameter terhadap letak awal loncat air melalui pintu sorong tegak (*sluice gate*) adalah tidak linier. Letak awal loncat air dipengaruhi oleh muka air di hilir pintu (y_3/a) dan tipe loncat air dan debit ($a^5 \cdot g/Q^2$) yang ditunjukkan dengan bentuk hubungan logaritma dan eksponensial.
2. Berdasarkan hasil verifikasi antara penggunaan grafik dengan hasil pengujian data laboratorium terhadap hubungan antar parameter letak awal loncat air melalui pintu sorong tegak (*sluice gate*) diperoleh tingkat kesalahan rata-rata kecil dari 10 %.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, agar diperoleh hasil yang lebih bagus dan lebih teliti lagi disarankan agar menggunakan variasi parameter yang lebih banyak lagi, juga disarankan untuk membahas tentang aliran tenggelam (*submerged flow*) agar diperoleh perbandingan dengan loncatan pada aliran bebas (*free flow*).

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T., (1997). Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga
- Cunge, J.A., Holly, F.M., and Verwey, A. (1980). Practical Aspect of Computational River Hydraulic. Melbourne : Pitman Publishing
- Kodoeti, R.J., (2002). Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa, Andi Yogyakarta.
- Raju, R.K.G., (1986). Aliran Melalui Saluran Terbuka. Jakarta : Erlangga
- Santoso, B.W., (1988). Hidrolika II. Yogyakarta: Biro Penerbit Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Subramanya, K., (1982). Flow In Open Channel. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Triatmodjo. B., (1995). Analisa Numerik. Yogyakarta: Beta Offset
- Triatmodjo. B., (2003). Hidraulika II. Yogyakarta: Beta Offset
- Yen, J.F., (2001). Hydraulic Characteristics and Discharge Control of Sluice Gates [online]. Taiwan: Available at: <URL: <http://www.crt.ntust.edu.tw/jcie/pdf/24-3-PDF/301-310.PDF>