

# PENELITIAN EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK LONCATAN HIDROLIK PADA PINTU AIR

Ign. Sutyas Aji<sup>1)</sup> – Kris Darmadi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

## Abstract

*Hydraulic jump occurs when a flow moves from sub-critical phase to critical phase, on to supercritical phase and back to sub-critical flow condition. In an open channel, hydraulic jump can be observed when a flow passes a sluice gate. The nature of the hydraulic jump is influenced by the velocity of the flow, which affects the length as well as the height of the jump.*

*This research studied the characteristic of hydraulic jump water flow at a sluice gate installed in an open channel of the hydraulic lab of Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta. The channel has a width of 29 cm and height of 27 cm. The opening of the sluice was made to vary at 1.5 cm, 2.5 cm, 3.5 cm, 4.5 cm, and 5.5 cm. Discharge was measured by manually collecting the water in a bucket at a certain intervals of time as well as by Thomson discharge measuring device. The length and height of the hydraulic jump were recorded for each flow velocity and sluice gate opening. In each experiment care was taken to keep the discharge of water constant to ease the observation of the hydraulic jump.*

*The experiments showed that for each flow condition Froude number varied with sluice gate opening. For instance, a sluice gate opening of 1.5 cm produced a Froude number of 1.63 while for an opening of 2.5 cm, the same number was 1.14. Froude number obtained from the different sluice gate openings were used to analyze the height and length of the hydraulic jump in each flow condition and it was discovered that these were different from what were observed in the real flow situation in the lab. The only exception was for the flow passed through a sluice gate opening of 1.5 cm where the result of the analysis was close to the measurements of the hydraulic jump. Aside from the sluice gate opening, the characteristic of the hydraulic jump and whether a hydraulic jump would be occurring or not was also determined by the flow velocity.*

*Key words : Hydraulic jump, sluice gate*

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Ada berbagai macam aliran air, air dapat mengalir secara beraturan dan juga dapat mengalir secara tidak beraturan. Suatu aliran dalam saluran dapat mengalami percepatan dari aliran subkritis ke kritis dan ke superkritis,

lalu kembali lagi ke aliran subkritis melalui semacam kejut-normal yang disebut *loncatan hidrolik air*. ( Frank M,White).

Dalam penelitian-penelitian sebelumnya yang sudah banyak dilakukan dengan menggunakan saluran yang memiliki lebar yang cukup panjang, tetapi pada penelitian ini penyusun menggunakan saluran terbuka dengan lebar 29 cm dan ketinggian saluran adalah 30 cm.

Permasalahan yang sering dijumpai pada bagian hilir bangunan-bangunan hidrolik seperti bendung, bangunan pelimpah, pintu sorong dan lain-lain. Permasalahan yang sering muncul adalah gerusan-gerusan yang diakibatkan pembuangan energi aliran terbuka yang sangat besar. Oleh karena itu penyusun meneliti tentang loncatan hidrolik air pada pintu sorong sehingga hasil yang nantinya didapat dilapangan dapat berguna bagi masyarakat umum khususnya dibidang teknik sipil. Proses loncatan hidrolik air ini sering kali digunakan untuk meredam sebagian besar energi yang terjadi, selain itu loncatan hidrolik air juga dapat digunakan untuk menaikkan tinggi muka air di bagian hilir dan untuk menyediakan kebutuhan tinggi tekanan pengaliran ke dalam suatu saluran.

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka penyusun memperbaiki alat peraga berupa saluran terbuka dengan dasar saluran datar yang telah tersedia di Labotarium Fakultas Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta.

Dari alat ini selanjutnya dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana hasil analisis data berdasarkan debit aliran dan tinggi bukaan pintu air. Pada loncatan hidrolik air dengan perhitungan terukur melalui data pengukuran percobaan dibandingkan dengan hasil analitis secara teoritis.

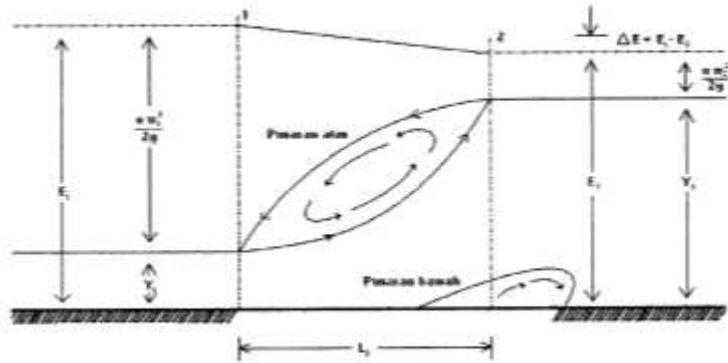
## **B. Tujuan dan Manfaat penelitian**

Tujuan penelitian ini untuk membandingkan panjang loncatan hidrolik air yang terjadi pada pintu air dengan variabel debit dan tinggi pintu air yang berbeda-beda, dengan perhitungan dan pengukuran yang dilakukan saat penelitian. Manfaat praktis dari loncatan hidrolik air ini adalah mengetahui perilaku loncatan air pada pintu air saluran terbuka sedang manfaat teoritisnya adalah membuktikan panjang loncatan dan tinggi air sesuai literatur yang telah ada.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Loncatan hidrolik air pada saluran empat persegi datar**

Kedalaman sebelum loncatan hidrolik ( *pre-jump* ) dan setelah loncatan hidrolik ( *post-jump* ) dinamakan kedalaman berurutan atau kedalaman konjungsi, dalam merumuskan masalah-masalah loncatan hidrolik, anggapan bahwa saluran tersebut hendaklah horisontal. Selain itu dengan menggunakan persamaan momentum atau gaya horisontal atau gaya spesifik dengan anggapan sudut kemiringan saluran sama dengan nol, dan gaya gesek sepanjang pengaliran diabaikan.



Gambar 2. 1. Loncatan hidrolik air pada saluran mendatar

Hubungan  $Y_1$  dan  $Y_2$ , dengan mudah dapat diperoleh :

$$F_1 = F_2 \quad F = P \cdot A \quad F = \rho \cdot Y \cdot A$$

Sedangkan :  $\sum F = m \cdot a$

$$= \rho \cdot \int \text{vol} \cdot (dv / dt) = \rho \cdot \int (\text{vol} / dt) \cdot dv$$

$$\sum F = \rho \cdot \int Q \cdot dv \rightarrow \sum F = \rho \int Q (\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1)$$

$$\text{Jadi : } \frac{\rho \cdot Y_1 A_1 - \rho \cdot Y_2 A_2}{\rho} = \frac{\rho \int Q (\beta_2 \cdot V_2 - \beta_1 \cdot V_1)}{\rho}$$

$$\beta_1 \cdot \frac{Q_1^2}{gA_1} + Y_1 A_1 = \beta_2 \cdot \frac{Q_2^2}{gA_2} + Y_2 A_2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Pada saluran dengan dinding vertikal :

$$q = \frac{Q}{B} ; \quad A = B \cdot Y$$

$$\frac{Q_1^2}{g \cdot B_1 \cdot Y_1} - \frac{Q_2^2}{g \cdot B_2 \cdot Y_2} = \frac{1}{2} Y_2^2 B_2 - \frac{1}{2} Y_1^2 B_1$$

$$\frac{2Q^2}{g \cdot B^2} \left( \frac{Y_2 - Y_1}{Y_2 Y_1} \right) = (Y_2 + Y_1)(Y_2 - Y_1)$$

$$\text{Sehingga} \rightarrow Y_1 \cdot Y_2 (Y_1 + Y_2) = \frac{2q^2}{g} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan  $Y_1$  = kedalaman aliran sebelum loncatan hidrolik,  $Y_2$  = kedalaman aliran loncatan hidrolik, dan  $Fr_1^2$  = angka Froude sebelum loncatan hidrolik.

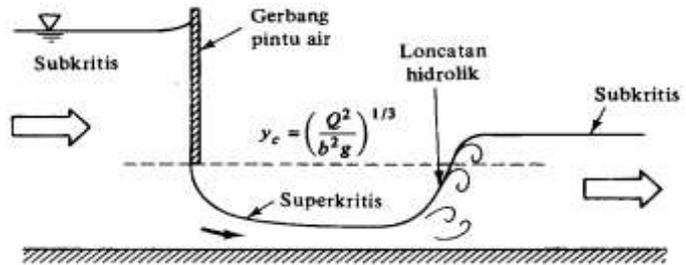
### B. Aliran seragam

Aliran seragam dapat terjadi di bagian saluran yang lurus dan panjang serta memiliki kemiringan dan penampang melintangnya konstan, yaitu  $y = y_n$ , dan kecepatannya juga memiliki nilai yang konstan  $V = V_0$ , jika

kemiringan  $S_0 = \tan \theta$ , dan  $\theta$  adalah sudut antara dasar saluran dengan arah mendatar atau horisontal. Kemiringan ini dianggap positif untuk aliran yang

arahnya ke bawah. Maka persamaan  $\frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + hf \dots\dots (2.3)$

dengan  $V_1 = V_2 = V_0$  sehingga  $hf = z_1 - z_2 = S_0L$  seperti disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Aliran dibawah pintu air mengalami percepatan dari aliran subkritis ke kritis ke superkritis, lalu meloncat kembali ke aliran subkritis.

$L$  dalam persamaan ini adalah panjang saluran diantara penampang 1 dan penampang 2. jadi rugi hulunya mengimbangi menurunnya ketinggian

saluran. Jika berlaku  $hf = f \frac{L}{D_h} \frac{V_0^2}{2g} \dots\dots\dots (2.4)$

$D_h = 4R_h$  dan ( $D_h = 4A / p$  digunakan untuk saluran yang tidak bulat), maka :

$$V_0 = \left( \frac{8g}{f} \right)^{1/2} R_h^{1/2} S_0^{1/2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk bentuk dan kekasaran dasar saluran tertentu, besaran  $(8g / f)^{1/2}$  konstan dan dapat ditulis dengan  $C$  maka :

$$V_0 = C(R_h S_0)^{1/2} \Rightarrow Q = CA (R_h S_0)^{1/2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Besaran  $C$  yang disebut koefisien Chezy, berkisar antara 60 ft<sup>1/2</sup>/s untuk saluran kasar yang kecil sampai 160 ft<sup>1/2</sup>/s untuk saluran halus yang besar 30 ft<sup>1/2</sup>/s sampai 90 ft<sup>1/2</sup>/s dalam satuan SI.

**C. Sifat – sifat dasar loncatan hidrolis**

Beberapa karakteristik dasar loncatan air pada saluran terbuka adalah ( VenTe Chow, 1985 ) :

1. Kehilangan energi pada loncatan adalah sama dengan perbedaan energi spesifik sebelum dan sesudah terjadinya loncatan. Besarnya kehilangan energi adalah sebagai berikut :

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{(y_2 - y_1)^2}{4y_1y_2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Rasio  $\Delta E / E_1$  dinamakan *kehilangan relatif*.

2. Efisiensi loncatan hidrolis adalah perbandingan energi spesifik setelah loncatan air dengan sebelum loncatan hidrolis air. Besarnya *efisiensi loncatan* adalah :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{(8F_1^2 + 1)^{3/2} - 4F_1^2 + 1}{8F_1^2(2 + F_1^2)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa efisiensi loncatan merupakan fungsi tak berdimensi, dan hanya tergantung pada bilangan *Froude* aliran setelah loncatan. Kehilangan relatif sama dengan  $1 - E_2 / E_1$ ; besaran ini juga merupakan fungsi tak berdimensi dari  $F_1$ .

3. Perbedaan kedalaman sebelum dan sesudah loncatan dinamakan tinggi loncatan dengan menyatakan setiap besaran sebagai rasio terhadap energi spesifik semuka, maka :

$$\frac{h_j}{E_1} = \frac{y_2}{E_1} - \frac{y_1}{E_1} \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan  $h_j/E_1$  adalah tinggi relatif,  $y_1/E_1$  adalah kedalaman muka relatif, dan  $y_2/E_1$  adalah kedalaman lanjutan. Semua rasio ini dapat dinyatakan sebagai fungsi tak berdimensi.

#### D. Panjang Loncatan Air

Panjang loncatan hidrolis air dapat didefinisikan sebagai jarak antara permukaan depan loncatan air sampai menuju pada suatu titik permukaan gelombang ombak di bagian hilir. Panjang loncatan hidrolis air secara teoritis sukar ditentukan, tetapi telah diselidiki beberapa kali percobaan oleh beberapa ahli hidrolika (Rangga Raju, KG, 1986).

Sarjana Biro Reklamasi Amerika Serikat (USBR) mengusulkan panjang loncatan hidrolis air pada saluran empat persegi dengan kelandaian dasar horisontal, adalah sebagai berikut :

$$L_j = A_n(Y_2 - Y_1) \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan  $Y_1$  = kedalaman aliran air sebelum loncatan hidrolis air terjadi,  $Y_2$  = kedalaman aliran air setelah loncatan hidrolis air terjadi.

Data percobaan mengenai loncatan air, dapat digambarkan dengan absis bilangan *Froude* ( $Fr$ ) dan ordinatnya berupa perbandingan tak berdimensi  $L(Y_2 - Y_1)$  atau  $L / Y_1$ . dilihat dari kurva terbaik yang dapat ditentukan dengan data, maka mungkin pemetaan yang paling baik adalah antara  $F_1$  terhadap  $L / Y_1$ . akan tetapi untuk keperluan praktis, dibutuhkan kurva  $F_1$  terhadap  $L / Y_2$ . karena kurva tersebut menunjukkan keteraturan untuk daerah dimana loncatan terbentuk. Kurva  $F_1$  terhadap  $L / Y_2$

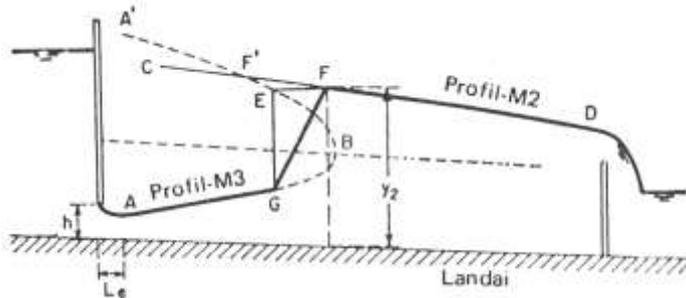
Dalam membandingkan kurva ini dengan kurva Bakhmeteff-Matzke, ditemukan ketidakcocokan yang sangat jelas. Penyelidikan terhadap materi yang digunakan dalam percobaan memberikan suatu kesimpulan bahwa, penyimpangan tersebut disebabkan oleh pengaruh skala benda uji yang digunakan Bahmeteff dan Matzke. Pengaruh skala ini mempunyai arti, bahwa gerakan prototipe tidak semuanya dilakukan oleh model. Gambar 2.4 dibuat terutama untuk loncatan yang terjadi pada saluran empat persegi. Bila tidak ada data yang memadai maka kurva tersebut juga dapat digunakan sebagai pendekatan untuk loncatan hidrolik air pada saluran trapesium.

**E. Lokasi loncatan hidrolik yang terjadi pada pintu air**

Loncatan hidrolik air terjadi pada aliran superkritis, apabila terjadi perubahan kedalaman yang mendadak terhadap kedalaman selanjutnya. Secara teoritis dapat dikatakan, bahwa loncatan akan terjadi pada saluran empat persegi panjang mendatar jika kedalaman awal serta kedalaman lanjutan dan bilangan Froude pendekatan memenuhi persamaan :

$$\frac{y_2}{y_1} = 1/2 \left( \sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

Persyaratan teoritis ini biasanya digunakan untuk menentukan letak loncatan hidrolik air, akan tetapi untuk pendekatan yang lebih teliti dalam menentukan letak loncatan, harus digunakan panjang loncatan. Salah satu lokasi loncatan hidrolik di bawah pintu geser tegak lurus saluran empat persegi dengan lapisan halus dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Loncatan hidrolik air di bawah pintu geser

Profil-profil AB dan CD dengan mudah diidentifikasi sebagai jenis M3 dan M2. Kurva A'B adalah pemetaan antara kedalaman akhir terhadap AB, dengan menggunakan posisi F\*, maka panjang loncatan dapat diperkirakan.

Apabila terdapat loncatan hidrolik air dibawah pintu air geser tegak, maka air yang keluar dari pintu air membentuk semburan yang mempunyai vena kontrakta. Panjang vena kontrakta ke bukaan pintu air biasanya pendek dalam kaitanya dengan jarak, biasanya digunakan suatu aturan yang menyatakan bahwa vena kontrakta terletak hampir sama dengan jarak *h* dari bukaan pintu air.

## F. Kualifikasi dan Klasifikasi aliran

Aliran seragam ( *uniform flow* ) dianggap memiliki ciri-ciri sebagai berikut ini :

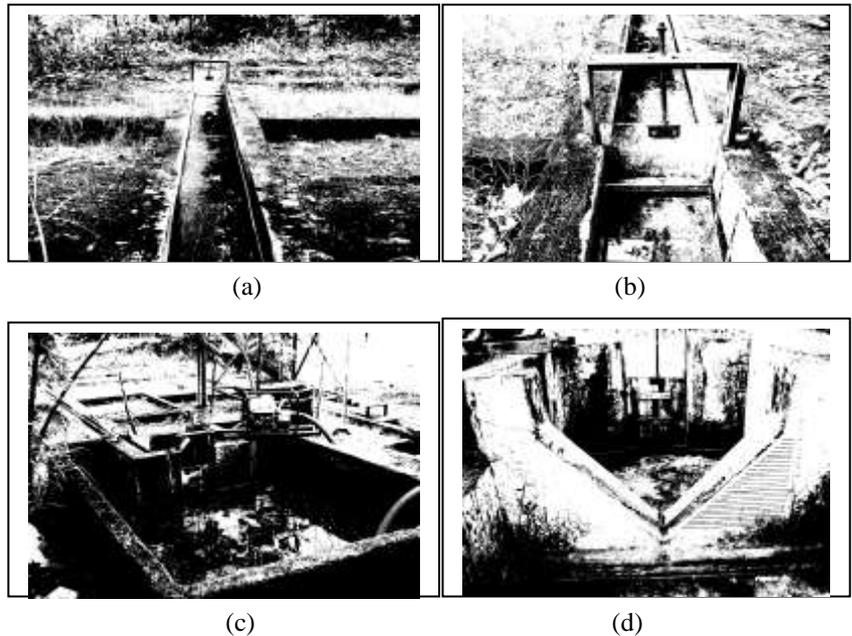
- Kedalaman, luas basah, kecepatan dan debit pada tiap penampang pada bagian saluran yang terbuka dan lurus adalah konstan.
- Garis energi, muka air dan dasar saluran sejajar dan bisa dikatakan sama.

Untuk keperluan praktis, keharusan adanya kecepatan yang konstan dapat ditafsirkan bebas sebagai keharusan bahwa aliran memiliki kecepatan rata-rata yang konstan. Namun secara singkat hal ini berarti bahwa aliran memiliki kecepatan rata-rata yang konstan atau sama pada titik di penampang saluran terbuka yang lurus. Dengan kata lain distribusi kecepatan dipenampang saluran tidak berubah dibagian sungai atau aliran yang lurus

Klasifikasi aliran dapat dilakukan dengan mengacu pada bilangan *Froude* ( *Fr* ) tak berdimensi, dimana acuan dengan bilangan *Froude* yang ada dapat digolongkan menjadi tiga golongan yaitu  $Fr < 1,00$  adalah aliran subkritis,  $Fr = 1,00$  adalah aliran kritis, dan  $Fr > 1,00$  adalah aliran superkritis.

## III. METODE PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan



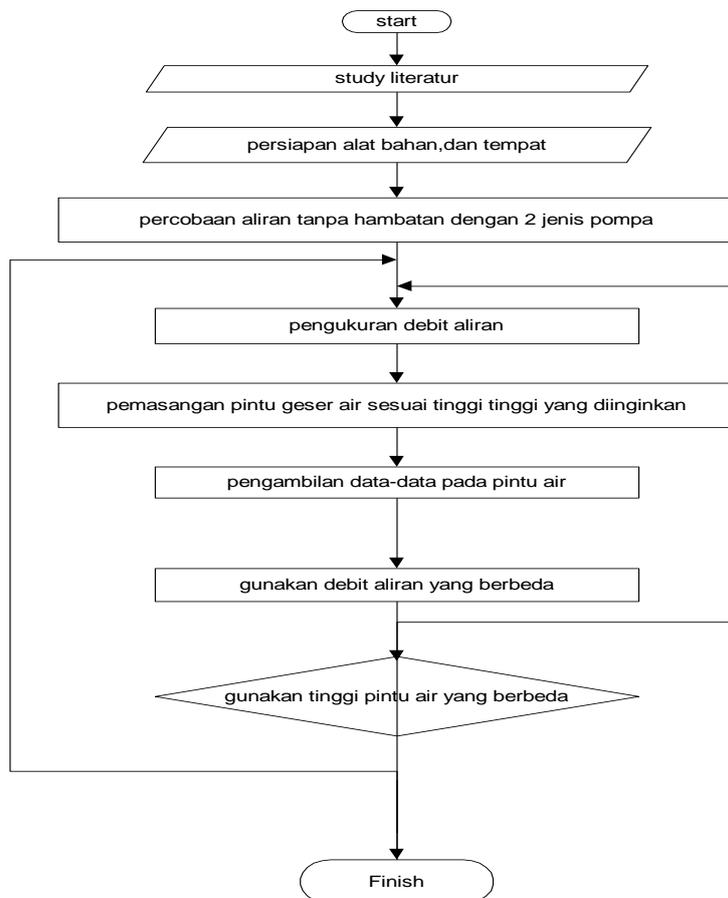
Gambar 3.1. (a). Saluran terbuka tampang persegi, (b). Pintu air saluran persegi, (c). Bak penampung dengan pintu air untuk mengatur variasi debit, dan (d). Alat Ukur Debit Thomson.

Alat-alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah saluran terbuka (pasangan batako dengan tinggi 15 cm dan panjang 20 m) mesin pompa air, pintu air saluran persegi, bak penampung dengan pintu air untuk mengatur variasi debit, bejana, *stopwatch*, dan alat ukur kedalaman.

### B. Pengumpulan Data Percobaan

1. Tinggi pintu air  
Tinggi pintu air yang di pakai dalam percobaan adalah 1,5 cm sampai 5,5 cm yang diukur dari lantai dasar saluran.
2. Pengambilan data debit air  
Pengukuran debit aliran air dimaksudkan untuk mengetahui besar debit aliran di saluran.

### C. Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.2. Lngkah kerja peragaan panjang loncatan hidrolik pada pintu sorong

Untuk menentukan perilaku-prilaku air yang berada di daerah pintu air, percobaan tersebut harus dilakukan secara bersama-sama, karena jika debit air sudah berubah maka akan lama untuk memunculkan kembali nilai debit yang dimaksud. Maka langkah-langkah penelitian guna mendapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan disajikan pada Gambar 3.2.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Data Hasil Pengukuran

Parameter loncatan hidrolis air yang diukur pada percobaan ini adalah debit aliran, kedalaman air sebelum pintu air, kedalaman air setelah loncatan hidrolis air, ketinggian bukaan pintu air, panjang loncatan hidrolis air, panjang peralihan loncat hidrolis air.

Tabel 4.1. Data debit aliran dengan metode *Bucket* pada berbagai bukaan pintu

NO	Debit Aliran dengan Metode Bucket																			
	Bukaan Pintu 1,5 cm				Bukaan Pintu 2,5 cm				Bukaan Pintu 3,5 cm				Bukaan Pintu 4,5 cm				Bukaan Pintu 6,5 cm			
	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>
	(det)				(det)				(det)				(det)				(det)			
1	7,86	7,15	5,85	4,75	5,17	5,08	4,13	3,56	4,83	3,97	2,84	2,44	2,64	2,19	2,33	2,86	2,38	2,13	1,82	1,62
2	7,98	7,14	5,33	5,05	5,26	4,94	4,27	3,49	4,28	3,60	2,98	2,76	2,54	2,23	2,30	2,92	1,99	2,36	1,74	1,93
3	7,94	7,13	5,19	4,95	5,35	4,79	4,06	3,49	4,25	3,77	2,84	2,64	2,70	2,35	2,38	2,12	2,41	2,40	2,03	2,01
4	7,90	7,09	5,24	4,65	5,35	4,95	4,26	4,01	4,43	3,78	2,75	2,71	2,93	2,30	2,29	2,11	2,62	2,25	1,98	2,07
5	8,08	7,33	5,58	4,45	5,27	5,10	3,92	3,39	4,46	3,85	3,06	2,36	2,52	2,22	2,35	2,15	2,44	1,89	1,96	1,99
6	8,80	7,55	5,50	5,01	5,55	5,13	3,96	3,51	4,72	3,77	2,90	2,39	2,63	2,22	2,35	1,95	2,35	2,09	2,12	2,27
7	7,85	7,40	5,49	5,09	5,43	5,23	3,73	3,52	4,44	3,73	2,86	2,53	2,78	2,28	2,51	2,06	2,79	2,07	2,12	2,02
8	8,18	7,50	5,54	4,96	5,26	4,84	3,79	3,41	4,31	3,88	3,07	2,65	2,58	2,53	2,57	2,35	2,25	1,92	2,25	2,05
9	8,26	7,41	5,48	4,70	5,16	4,96	3,66	3,55	4,79	3,99	2,54	2,54	2,54	2,26	2,35	1,99	2,83	2,29	2,23	2,07
10	8,04	7,40	5,36	4,50	5,26	5,10	3,78	3,61	4,56	3,83	2,92	2,38	2,43	2,35	2,26	1,77	2,36	2,00	2,30	2,17

Tabel 4.2. Data tinggi muka air pada alat ukur debit Thomson pada bukaan pintu 1,5 cm

Percobaan	Tinggi muka air pada alat ukur debit Thomson				
	Bukaan,5 cm	Bukaan 2,5 cm	Bukaan 3,5 cm	Bukaan 4,5 cm	Bukaan 5,5 cm
1	8	9,5	8	11,8	13,1
2	8	9,6	9	13	13
3	8,3	10,2	8	13,5	13,5
4	9	11	8,3	13,6	14

Tabel 4.3. Data pengukuran parameter pintu sorong pada bukaan 1,5 cm

Percobaan	No	H mula-mula (cm)	H setelah (cm)	H pintu (cm)	P loncatan (cm)	P peralihan (cm)	P hidrolis (cm)
I	1	7	2,7	1,5	11,5	8	3,5
	2	7,8	3	1,5	12	9	3
	3	8	3	1,5	20	11	3
	4	8	3	1,5	22	18	4
II	1	5,5	4	2,5	6	3	3
	2	7	4,5	2,5	7	3,7	3,3
	3	9	1,5	2,5	74,3	63,4	10,9
	4	14	2	2,5	88,4	65,8	22,6
III	1	5,5	4,5	3,5	7,5	2,4	5,1
	2	7	5,5	3,5	8,8	4,1	4,7
	3	9	6	3,5	12,5	5,5	7
	4	11	7,5	3,5	20	6,	13,5
IV	1	9	8	4,5	16,8	6	10,8
	2	11	8	4,5	18,5	5,5	13
	3	11,5	8	4,5	20	5,5	14,5
	4	12	10	4,5	31	16,7	14,3
V	1	9	8	5,5	9	4	5
	2	10	8,5	5,5	17	8	9
	3	11	9	5,5	19,5	7	12,5
	4	12,5	10	5,5	19,5	7,5	12

## B. Perhitungan Debit Aliran

### 1. Perhitungan debit aliran dengan menggunakan bejana 20 Liter

#### a. Percobaan pertama

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = \frac{8,01 + 7,31 + 5,46 + 4,81}{4} = 6,39 \text{ det ik}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{20 \text{ liter}}{6,39 \text{ det ik}} = 3,12 \text{ liter/det ik}$$

#### b. Percobaan kedua

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = \frac{5,31 + 4,51 + 3,95 + 3,55}{4} = 4,33 \text{ det ik}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{20 \text{ liter}}{4,33 \text{ det ik}} = 4,61 \text{ liter/det ik}$$

#### c. Percobaan ketiga

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = \frac{4,5 + 3,81 + 2,88 + 2,54}{4} = 3,44 \text{ det ik}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{20 \text{ liter}}{3,44 \text{ det ik}} = 5,8 \text{ liter/det ik}$$

d. Percobaan keempat

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = \frac{2,63 + 2,23 + 2,37 + 2,23}{4} = 2,36 \text{ det ik}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{20 \text{ liter}}{2,36 \text{ det ik}} = 8,47 \text{ liter/det ik}$$

e. Percobaan kelima

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = \frac{2,44 + 2,14 + 2,06 + 2,02}{4} = 2,16 \text{ det ik}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{20 \text{ liter}}{2,016 \text{ det ik}} = 9,25 \text{ liter/det ik}$$

2. Perhitungan debit aliran menggunakan alat ukur debit Thomson

a. Percobaan pertama

$$H = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} = \frac{8 + 8 + 8,3 + 9}{4} = 8,325 \text{ cm} = 0,08325 \text{ m}$$

$$Q = 1,34 H^{2,47} = 1,34 (0,08325)^{2,47} = 2,88 \text{ liter/det ik}$$

b. Percobaan kedua

$$H = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} = \frac{9,5 + 9,6 + 10,2 + 11}{4} = 10,075 = 0,10075 \text{ m}$$

$$Q = 1,34 H^{2,47} = 1,34 (0,10075)^{2,47} = 4,67 \text{ liter/det ik}$$

c. Percobaan ketiga

$$H = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} = \frac{9,3 + 10 + 12 + 12,5}{4} = 10,95 \text{ cm} = 0,1095 \text{ m}$$

$$Q = 1,34 H^{2,47} = 1,34 (0,1095)^{2,47} = 5,68 \text{ liter/det ik}$$

d. Percobaan keempat

$$H = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} = \frac{11,8 + 13 + 13,5 + 13,6}{4} = 12,975 \text{ cm} = 0,12975 \text{ m}$$

$$Q = 1,34 H^{2,47} = 1,34 (0,12975)^{2,47} = 8,63 \text{ liter/det ik}$$

e. Percobaan kelima

$$H = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} = \frac{13,1 + 13 + 13,5 + 14}{4} = 13,4 \text{ cm} = 0,134 \text{ m}$$

$$Q = 1,34 H^{2,47} = 1,34 (0,134)^{2,47} = 9,14 \text{ liter/det ik}$$

3. Perhitungan debit aliran bawah pintu sorong

a. Percobaan pertama

$$H_{\text{mula-mula}} = 7,7 \text{ cm} = 0,077 \text{ m}$$

$$H_{\text{setelah}} = 2,92 \text{ cm} = 0,029 \text{ m}$$

$$\Delta H = H_{\text{mula-mula}} - H_{\text{setelah}} = 0,077 - 0,029 = 0,048 \text{ m}$$

$$a = 1,5 \text{ cm} = 0,015 \text{ m} \quad ; \quad b = 29 \text{ cm} = 0,29 \text{ m}$$

$$C_d = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{a}{H_{\text{mula-mula}}} \right)}} = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{0,015}{0,077} \right)}} \frac{0,610}{1,05} = 0,58$$

$$Q = C_d a b \sqrt{2g \Delta H} = 0,58 \times 0,015 \times 0,29 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,077} = 2,49 \text{ liter/detik}$$

b. Percobaan kedua

$$H_{\text{mula-mula}} = 8,875 \text{ cm} = 0,0875 \text{ m}$$

$$H_{\text{setelah}} = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

$$\Delta H = H_{\text{mula-mula}} - H_{\text{setelah}} = 0,0875 - 0,03 = 0,059 \text{ m}$$

$$a = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m} \quad ; \quad b = 29 \text{ cm} = 0,29 \text{ m}$$

$$C_d = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{a}{H_{\text{mula-mula}}} \right)}} = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{0,025}{0,0875} \right)}} \frac{0,610}{1,082} = 0,563$$

$$Q = C_d a b \sqrt{2g \Delta H} = 0,563 \times 0,025 \times 0,29 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,059} = 4,3 \text{ liter/detik}$$

c. Percobaan ketiga

$$H_{\text{mula-mula}} = 8,1 \text{ cm} = 0,081 \text{ m}$$

$$H_{\text{setelah}} = 5,6 \text{ cm} = 0,056 \text{ m}$$

$$\Delta H = H_{\text{mula-mula}} - H_{\text{setelah}} = 0,081 - 0,056 = 0,025 \text{ m}$$

$$a = 3,5 \text{ cm} = 0,035 \text{ m} \quad ; \quad b = 29 \text{ cm} = 0,29 \text{ m}$$

$$C_d = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{a}{H_{\text{mula-mula}}} \right)}} = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{0,035}{0,081} \right)}} \frac{0,610}{1,124} = 0,54$$

$$Q = C_d a b \sqrt{2g \Delta H} = 0,54 \times 0,035 \times 0,29 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,025} = 3,8 \text{ liter/detik}$$

d. Percobaan keempat

$$H_{\text{mula-mula}} = 10,8 \text{ cm} = 0,108 \text{ m}$$

$$H_{\text{setelah}} = 8,5 \text{ cm} = 0,085 \text{ m}$$

$$\Delta H = H_{\text{mula-mula}} - H_{\text{setelah}} = 0,108 - 0,085 = 0,023 \text{ m}$$

$$a = 4,5 \text{ cm} = 0,045 \text{ m} ; b = 29 \text{ cm} = 0,29 \text{ m}$$

$$C_d = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{a}{H_{\text{mula-mula}}} \right)}} = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{0,045}{0,108} \right)}} \frac{0,610}{1,12} = 0,545$$

$$Q = C_d a b \sqrt{2g \Delta H} = 0,545 \times 0,045 \times 0,29 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,023} = 4,77 \text{ liter/detik}$$

e. Percobaan kelima

$$H_{\text{mula-mula}} = 10,6 \text{ cm} = 0,106 \text{ m}$$

$$H_{\text{setelah}} = 8,8 \text{ cm} = 0,088 \text{ m}$$

$$\Delta H = H_{\text{mula-mula}} - H_{\text{setelah}} = 0,106 - 0,088 = 0,018 \text{ m}$$

$$a = 5,5 \text{ cm} = 0,055 \text{ m} ; b = 29 \text{ cm} = 0,29 \text{ m}$$

$$C_d = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{a}{H_{\text{mula-mula}}} \right)}} = \frac{0,610}{\sqrt{1 + 0,610 \left( \frac{0,055}{0,106} \right)}} \frac{0,610}{1,147} = 0,53$$

$$Q = C_d a b \sqrt{2g \Delta H} = 0,53 \times 0,055 \times 0,29 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,018} = 5,03 \text{ liter/detik}$$

Tabel 4.4. Tabel debit aliran

No Percobaan	Debit bejana 20 liter ( Liter/detik )	Alat ukur debit Thomson ( Liter/detik )	Debit bawah pintu sorong ( Liter/detik )
1	3,12	2,88	2,49
2	4,33	4,67	4,3
3	5,8	5,68	3,8
4	8,47	8,63	4,77
5	9,25	9,14	5,03

### C. Pehitungan Bilangan Froude

Perhitungan bilangan Froude percobaan pertama dengan bukaan pintu 1,5 cm adalah sebagai berikut :

a. debit pertama

$$V = \frac{0,0025}{0,00405} = 0,62 \text{ m}^3/\text{det ik}$$

$$F = \frac{V}{(g \times y)^{1/2}} = \frac{0,62}{(9,81 \times 0,015)^{1/2}} = \frac{0,62}{0,38} = 1,63$$

b. debit kedua

$$V = \frac{0,00273}{0,00405} = 0,67 \text{ m}^3/\text{det ik}$$

$$F = \frac{V}{(g \times y)^{1/2}} = \frac{0,67}{(9,81 \times 0,015)^{1/2}} = \frac{0,67}{0,38} = 1,76$$

c. debit ketiga

$$V = \frac{0,0034}{0,00405} = 0,84 \text{ m}^3/\text{det ik}$$

$$F = \frac{V}{(g \times y)^{1/2}} = \frac{0,84}{(9,81 \times 0,015)^{1/2}} = \frac{0,84}{0,38} = 2,21$$

d. debit keempat

$$V = \frac{0,0047}{0,00405} = 1,16 \text{ m}^3/\text{det ik}$$

$$F = \frac{V}{(g \times y)^{1/2}} = \frac{1,16}{(9,81 \times 0,015)^{1/2}} = \frac{1,16}{0,38} = 3,05$$

Dengan cara yang sama dapat dihitung bilangan Froude pada percobaan dengan bukaan pintu 2,5 cm, 3,5 c., 4,5 cm, dan 5,5 cm dan hasilnya dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 4.5. Bilangan *Froude* dari semua percobaan

No Percobaan	Debit I	Debit II	Debit III	Debit IV
1	1,63	1,76	2,21	3,05
2	1,14	1,34	1,53	1,7
3	0,78	0,96	1,27	1,44
4	0,95	1,12	1,11	1,12
5	0,75	0,86	0,89	0,91

#### D. Pembahasan

Diketahui bahwa untuk pengukuran debit menggunakan bejana 20 liter dengan alat ukur debit Thomson memiliki selisih nilai yang kecil dibanding menggunakan perhitungan rumus debit aliran bawah pintu sorong.

Jadi rumus  $Q = C_d a b \sqrt{2g \Delta H}$  tidak bisa sebagai acuan dalam percobaan yang dilakukan penulis. Selisih perhitungan menggunakan bejana 20 liter dengan alat ukur debit Thomson dikarenakan :

- Tidak bisa menentukan dengan akurat berapa waktu yang dibutuhkan air dalam mengisi bejana 20 liter, karena terjadi luapan air.
- Terjadi gelombang pada skala yang dipasang pada bibir alat ukur debit. Berdasarkan hasil yang tersaji pada tabel 5.17, pada percobaan pertama dengan debit kesatu dan dengan bukaan pintu air 1,5 cm diperoleh bilangan *Froude* sebesar 1,63, mengacu pada gambar 2.3 tentang panjang loncatan hidrolis air maka hasil yang didapat dengan bilangan *Froude* 1,63 panjang loncatan yang didapat secara teoritis adalah 4 cm dan tinggi loncatan secara teoritis menggunakan rumus 2.8,

$$\frac{Y_2}{1,5} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{1 + 81,63^2} - 1 \right) ; \frac{Y_2}{1,5} = 1,86 ; Y_2 = 2,78 \text{ cm.}$$

Tabel 4.6. Perbandingan analisis dengan di lapangan

Nomor Percobaan	Bilangan <i>Froude</i>	Tipe loncatan	Teoritis		Lapangan		
			Panjang (cm)	Tinggi (cm)	Tipe loncatan	Panjang (cm)	Tinggi (cm)
I A	1,63	berombak	4	2,78	berombak	7	2,7
B	1,76	Lemah	4,2	3,05	Lemah	9	3
C	2,21	Lemah	4,5	3,99	Lemah	11	3
D	3,05	Bergetar	5,3	5,7	Bergetar	18	5
II A	1,14	Berombak	3,6	2,9	Berombak	3	3
B	1,34	Berombak	3,7	3,6	Berombak	3,7	4
C	1,53	Berombak	3,8	4,3	Kuat	63,4	1,5
D	1,7	Berombak	4	4,8	Kuat	65,5	2
III A	0,78	-	-	-	Berombak	2,4	4,5
Nomor Percobaan	Bilangan <i>Froude</i>	Tipe loncatan	Teoritis		Lapangan		
			Panjang (cm)	Tinggi (cm)	Tipe loncatan	Panjang (cm)	Tinggi (cm)
B	0,96	-	-	-	Berombak	4,1	5,5
C	1,27	Berombak	3,65	4,7	Berombak	5,5	6
D	1,44	Berombak	3,75	5,58	Berombak	6	7,5
IV A	0,95	-	-	-	Berombak	6	8
B	1,25	Berombak	3,6	5,2	Berombak	5,5	8
C	1,11	Berombak	3,6	5,1	Berombak	5,5	8
D	1,12	Berombak	3,6	5,2	Lemah	16,7	10
V A	0,75	-	-	-	Berombak	4	8
B	0,86	-	-	-	Berombak	8	8,9
C	0,89	-	-	-	Berombak	7	9
D	0,91	-	-	-	lemah	7,5	10



Kenyataan yang ada dilapangan adalah panjang loncatan 7 cm dan tinggi loncatan 2,7 cm. pada percobaan pertama debit kedua bukaan pintu 1,5 cm didapat hasil teoritis adalah panjang loncatan 4,2cm, tinggi loncatan 3,5cm. Dilapangan didapat panjang loncatan 9 cm tinggi 3 cm, demikian juga untuk percobaan-percobaan yang berikutnya terjadi selisih panjang loncatan teoritis dengan yang terjadi dilapangan demikian juga dengan tinggi loncatan hidrolis air. Untuk lebih jelasnya tersaji pada tabel 5.18

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Dari penelitian loncat hidrolis air pada pintu air yang dilakukan di Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. terdapat perbedaan panjang loncatan di lapangan dengan perhitungan secara teoritis.
2. Pada bukaan pintu 1,5 cm hasil perhitungan teoritis dengan kenyataan dilapangan hampir sama, tetapi untuk bukaan-bukaan semakin besar terjadi selisih yang besar pula. Hal ini dikarenakan adanya gelembung pada mistar pengukuran sehingga data yang diperoleh kurang akurat.

### B. Saran

1. Bak pembuangan dibuat lebih besar, karena dengan dua jenis pompa, air terlalu cepat habis.
2. Penelitian ini diperlukan variasi debit yang lebih banyak dan perlu kecermatan penelitian dalam pengukuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chow, Ven Te, 1985, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta  
French, Richard. H, 1985, *Open-Channel Hydraulics*, Mc Graw Hill Book Company, New York.  
Raju, Ranga, K. G, 1986, *Aliran Melalui Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.  
Subarkah, Iman, 1979, *Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.  
Triatmodjo, Bambang, 1993, *Hidrolika Jilid 1, Beta offset*, Yogyakarta.  
Triatmodjo, Bambang, 1993, *Hidrolika Jilid 2, Beta offset*, Yogyakarta.