

Analisa Karakteristik Aliran dengan Menggunakan Alat Ukur Pintu Sorong pada Saluran Terbuka

**La Ode. Muh. Ikbar¹, Aldi Sahitua², Ratna Musa³,
Ali Mallombasi⁴, Muhammad Haris⁵**

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 PanaiKang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231
Email: ¹ikbarlenterackb@gmail.com; ²sahitua@gmail.com; ³ratmus_tsipil@ymail.com;
⁴ali.mallombasi@umi.ac.id; ⁵muhharis.umar@umi.ac.id

ABSTRAK

Air merupakan sumber daya alam yang sangat berguna dan paling potensial dalam kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Pintu sorong merupakan bangunan hidrolik yang sering digunakan untuk mengatur debit intake pada embung atau di saluran irigasi. Bangunan pengatur debit ini sering digunakan oleh karena kemudahan perencanaan dan pengoperasiannya. Pada pintu sorong, penetapan besaran debit aliran dilakukan melalui operasi pintu, dimana tinggi bukaan, a , menentukan debit yang mengalir setelah pintu sorong. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik aliran yang melalui pintu sorong dan menganalisis pengaruh tinggi bukaan pintu terhadap bilangan Froude. Penelitian eksperimen dilaksanakan di laboratorium hidrolika yaitu pada saluran terbuka dengan dasar saluran terbuat dari viber. Pengambilan data berulang dilakukan dengan mengubah bukaan pintu tanpa mengubah debit aliran. Hasil perhitungan secara teoritis diperoleh nilai C_d sebesar 0,6237. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, karakteristik aliran berdasarkan Bilangan Froude (Fr) berubah karena pengaruh debit, tinggi bukaan pintu, kecepatan aliran dan gravitasi bumi. Jika bukaan pintu semakin kecil dengan debit tetap maka kecepatan yang terjadi besar pula sehingga dapat membuat aliran menjadi superkritis.

Kata Kunci: Pintu sorong, Karakteristik Aliran, Bilangan Froude

ABSTRACT

Water is a natural resource that is very useful and has the most potential in human life and other living things. The sliding door is a hydraulic building that is often used to assist intake in reservoirs or in irrigation canals. The discharge control building is often used because of its planning and planning. At the sliding door, the determination of the amount of discharge is carried out through the operation of the door, where the height of the opening determines the flow that flows after the sliding door. This study aims to analyze the flow through the shove and to analyze the height of the opening of the Froude number. The experimental research was carried out in a basically open hydraulics laboratory with a base made of viber. Repetitive data retrieval is done by changing the door opening without changing the flow of discharge. The theoretical calculation results obtained a C_d value of 0.6237. From the research results it can be ignored that the flow characteristics based on the Froude Number (Fr) change due to the influence of discharge, high door openings, flow velocity and earth gravity. If the door opening gets smaller with a constant discharge, the speed that occurs is also large so that it can make the flow supercritical.

Keywords: Sliding door, Flow Characteristics, Froude Numbers

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang sangat berguna dan paling potensial dalam kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya sehingga dapat dikatakan bahwa air merupakan sumber kehidupan di bumi, dimana kebutuhan akan air terus menerus meningkat dari waktu ke waktu. Selain air merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan, proyek pembangunan bangunan air dan pekerjaan teknik hidrolika saat ini telah berkembang dengan pesatnya di seluruh dunia.

Dalam merencanakan bangunan-bangunan air seperti bendungan, saluran irigasi, dan bangunan air lainnya sangat diperlukan suatu gambaran tentang suatu fenomena hidrolis aliran yang melewati bangunan-bangunan tersebut.

Seperti yang diketahui di dalam dunia hidrolika dikenal ada dua macam aliran yaitu aliran saluran tertutup dan aliran saluran terbuka. Aliran saluran tertutup umumnya terjadi pada saluran pipa yang memiliki tampang aliran penuh dan tidak terdapat permukaan air bebas sehingga tekanan yang terjadi adalah tekanan hidrolis.

Aliran saluran terbuka terjadi dalam bentuk sangat beraneka ragam, yang pertama merupakan karakteristik aliran berdasarkan perubahan parameter aliran terhadap ruang. Karakteristik aliran berdasarkan perubahan parameter aliran terhadap ruang terbagi menjadi dua yaitu aliran seragam dan aliran tidak seragam. Kemudian karakteristik aliran selanjutnya adalah karakteristik aliran berdasarkan perubahan aliran terhadap waktu, dan aliran ini dibagi menjadi dua yaitu aliran mantap dan aliran tidak mantap.

Pintu sorong (*sluice gate*) merupakan bangunan hidrolis yang sering digunakan untuk mengatur debit intake pada embung atau di saluran irigasi. Di dalam sistim saluran irigasi, pintu

sorong biasanya ditempatkan pada bagian pengambilan dan bangunan bagi sadap balk itu sekunder maupun tersier. Selain itu, alat ini juga dapat digunakan pada industri misalnya di saluran pengolahan atau pembuangan.

Aliran yang mengalir di bawah pintu sorong dimulai dari fungsi superkritis penuh ($F > 1$) sampai pada bagian vena contracta dan dilanjutkan pada aliran berkembang sebagian dimana lapisan batas (*boundary condition*) terbentuk sampai pada aliran aliran menjadi stabil ($F < 1$) (Rao, 1973).

Pada pintu sorong, penetapan besaran debit aliran dilakukan melalui operasi pintu, dimana tinggi bukaan, a , menentukan debit yang mengalir setelah pintu sorong. Pada prakteknya, acuan perencanaan bagian bangunan setelah pintu sorong didasarkan pada kedalaman kritis, h_{cr} . Contoh analisis perencanaan adalah bangunan peredam energi untuk pengaturan tinggi muka air hilir (Rice & Kern, 1993).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana karakteristik aliran yang melalui pintu sorong?
- 2) Bagaimana pengaruh tinggi bukaan pintu terhadap bilangan Froude?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

- 1) Untuk menganalisis karakteristik aliran yang melalui pintu sorong.
- 2) Untuk menganalisis pengaruh tinggi bukaan pintu terhadap bilangan Froude.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia dengan menggunakan saluran terbuka.



Gambar 1. Screenshot peta lokasi penelitian
Sumber: Google maps peta kota makassar

2.2 Alat dan Bahan

Alat – alat yang digunakan yaitu:

1. Seperangkat model Saluran Terbuka
2. Pintu Sorong
3. Alat Pengukur Kedalaman (Terameter)
4. Meteran
5. Pompa
6. Penampung Air
7. *Current Meter*
8. *Stopwatch*

2.3 Prosedur Penelitian

Percobaan ini dilakukan pada saluran terbuka dengan dasar saluran terbuat dari (viber).

Adapun proses pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengatur letak pintu sorong terhadap dasar saluran (Y_g berubah).
2. Pengaturan debit aliran air minimum yang memungkinkan terjadi aliran air yang diinginkan.
3. Kalibrasi debit
4. Setelah aliran stabil, diukur serta dicatat Q , h_2 , h_1 , y_g , y_1 , V , ρ , y_a , y_b , b dimana :

Q = debit aliran air

h_2 = tinggi air di hilir

y_g = tinggi bukaan pintu

h_1 = tinggi air di hulu

y_1 = tinggi air setelah pintu sorong

V = kecepatan aliran

y_a = tinggi muka air sebelum loncatan

y_b = tinggi loncat air

b = lebar saluran

5. Melakukan pengambilan data berulang dengan mengubah bukaan pintu tanpa mengubah debit aliran.

2.4 Prosedur Perhitungan

Kalibrasi debit

1. Perhitungan koefisien debit secara teoritis menggunakan persamaan (2.3).
2. Kalibrasi debit menggunakan persamaan (2.2).

Perhitungan daerah kritis

Prosedur perhitungan yang dilakukan untuk menentukan besar-besaran yang diperoleh pada pintu sorong adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kedalaman kritis (Y_c)
2. Menghitung Energi Kritis (E_c)
3. Menghitung Kecepatan Aliran (V_c)
4. Menghitung Nilai (F_c)
5. Menghitung kehilangan energi (EL)
6. Menghitung nilai Fr

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Koefisien Debit (C_d)

Langkah perhitungannya adalah:

1. Perhitungan C_d teoritis

Diketahui:

Debit pembacaan (Q)= 0,002m³/dtk

Tinggi bukaan pintu (y_g)= 0,025 m

Tinggi muka air (h_1)= 0,108 m

Analisa Karakteristik Aliran dengan Menggunakan Alat Ukur Pintu Sorong pada Saluran Terbuka

$$\begin{aligned}
 C_d &= \frac{0,611}{\sqrt{1-0,611^2 \left(\frac{y_g}{h_1}\right)^2}} = \frac{0,611}{\sqrt{1-0,019}} \\
 &= \frac{0,611}{0,981} = \frac{0,611}{0,981} \\
 &= \frac{0,611}{\sqrt{1-0,611^2 \left(\frac{0,025}{0,108}\right)^2}} = 0,622 \\
 &= \frac{0,611}{\sqrt{1-0,373 (0,231)^2}}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Hasil perhitungan Cd teoritis

| Q Tetap (m ³ /dtk) | YG (m) | h ₁ (m) | Cd | Cd rata-rata |
|----------------------------------|-----------|-----------------------|--------|--------------|
| 0,002 | 0,0250 | 0,108 | 0,6228 | 0,6237 |
| | 0,0280 | 0,106 | 0,6234 | |
| | 0,0300 | 0,104 | 0,6241 | |
| | 0,0320 | 0,103 | 0,6242 | |
| | 0,0350 | 0,102 | 0,6241 | |

2. Perhitungan kalibrasi debit (Q)

Diketahui:

Koefisien Debit (Cd)= 0,6237

Tinggi Bukaannya Pintu (y_g)=0,025 m

Lebar Saluran (b)= 0,078 m

Gaya Gravitasi Bumi (g)= 9,81m/s²

Tinggi Muka Air Hulu (h₁)=0,108m

$$\begin{aligned}
 Q &= C_d \times b \times y_g \sqrt{2g x h_1} \\
 &= 0,6237 \times 0,078 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,108} \\
 &= 0,0017 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Hasil perhitungan kalibrasi debit

| Cd | y _g (m) | h ₁ (m) | Q (m ³ /dtk) |
|--------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| 0,6237 | 0,025 | 0,108 | 0,0017 |
| | 0,028 | 0,106 | 0,0017 |
| | 0,030 | 0,104 | 0,0017 |
| | 0,032 | 0,103 | 0,0017 |
| | 0,035 | 0,102 | 0,0017 |

3.2 Perhitungan Daerah kritis

1. Perhitungan kedalaman kritis (Y_c)

Diketahui:

Debit (Q) = 0.002m³/dtk

Lebar Saluran (b) = 0.078 m

Gaya Gravitasi Bumi (g)= 9.81 m/s²

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{Q}{b} = \frac{0,002}{0,078} = 0,0256 \text{ m}^3/\text{dtk.m} \\
 Y_c &= \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{0,00256^2}{9,81}} \\
 &= 0,0406 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Hasil perhitungan kedalaman kritis untuk debit tetap

| No | Debit (m ³ /dtk) | Q (m ³ /dtk.m) | B (m) | g (m/dtk ²) | Y _c (m) |
|----|--------------------------------|------------------------------|----------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | | | | | 0.0406 |
| 2 | | | | | 0.0406 |
| 3 | 0.002 | 0.0256 | 0.078 | 9.81 | 0.0406 |
| 4 | | | | | 0.0406 |
| 5 | | | | | 0.0406 |

2. Perhitungan energy kritis (E_c)

Diketahui:

Debit (Q)= 0.002m³/dtk

Kedalaman Kritis (Y_c)=
0.0406

$$E_c = \frac{3}{2} Y_c$$

$$E_c = \frac{3}{2} 0,0406 \\ = 0.0609 \text{ m}$$

Tabel 4. Hasil perhitungan E_c untuk debit tetap

| NO | Debit (m ³ /dtk) | Y_c (m) | E_c (m) |
|----|--------------------------------|--------------|--------------|
| 1 | | 0.0406 | 0.0609 |
| 2 | | 0.0406 | 0.0609 |
| 3 | 0.002 | 0.0406 | 0.0609 |
| 4 | | 0.0406 | 0.0609 |
| 5 | | 0.0406 | 0.0609 |

3. Perhitungan kecepatan aliran (V_c)

Diketahui:

Debit (Q)= 0,0020m³/dtk

Kedalaman Kritis (Y_c)= 0.0406m

Gaya Gravitasi Bumi (g)= 9,81 m/s²

$$V_c = \sqrt{g \times Y_c} \\ = \sqrt{9,81 \times 0.0406} \\ = 0,6313 \text{ m/dtk}$$

Tabel 5. Hasil perhitungan nilai V_c untuk debit tetap

| No | Debit (m ³ /dtk) | Y_c (m) | G (m/dtk ²) | V_c (m/dtk) |
|----|--------------------------------|--------------|------------------------------|------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | 0.0020 | 0.0406 | 9.81 | 0.6313 |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

4. Menghitung nilai (F_c)

Diketahui:

Debit (Q)= 0,0020m³/dtk

Kedalaman Kritis (Y_c)= 0.0406m

Gaya Gravitasi Bumi (g)= 9,81m/s²

Kecepatan Kritis (V_c)= 0.6313m

$$F_c = \frac{V_c}{\sqrt{g Y_c}} \\ = \frac{0.6313}{\sqrt{9,81 \times 0,0406}} \\ = 1$$

Tabel 6. Hasil perhitungan F_c untuk debit tetap

| No | Debit (m ³ /dtk) | Y_c (m) | G (m/dtk ²) | V_c | F_c |
|----|--------------------------------|--------------|------------------------------|--------|--------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | 0.0020 | 0.0406 | 9.8100 | 0.6313 | 1.0000 |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |

5. Perhitungan EL

Diketahui:

Debit (Q) = 0.0020 m³/dtk

Tinggi Bukaan Pintu (yg) = 0.025 m

Tinggi Muka Air Hilir (h₂) = 0.040m

$$EL = \frac{(h_2 - yg)^3}{4 yg h_2} = \frac{(0.040 - 0.025)^3}{4 \times 0.025 \times 0.040} = 0.0399$$

Tabel 7. Hasil perhitungan nilai EL untuk debit tetap

| No | Q (m ³ /dtk) | Yg (m) | h ₂ (m) | EL |
|----|----------------------------|-----------|-----------------------|--------|
| 1 | | 0.025 | 0.040 | 0.0399 |
| 2 | | 0.028 | 0.040 | 0.0399 |
| 3 | 0.002 | 0.030 | 0.040 | 0.0399 |
| 4 | | 0.032 | 0.040 | 0.0399 |
| 5 | | 0.035 | 0.040 | 0.0399 |

3.3 Pembahasan

Adapun pembahasan dari analisa di atas:

- Koefisien Debit (Cd) merupakan angka tak berdimensi sebagai koreksi dari hasil formulasi matematika debit aliran yang mengalir pada bangunan air terhadap hasil pengukuran debit aliran. Cd dihitung berdasar hasil penelitian Rajaratman dan besarnya Cd hasil hitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 1.
- Hasil perhitungan dari data pengamatan terlihat bahwa semakin besar kedalaman kritis maka semakin besar energi kritis dan kecepatan kritis hal ini disebabkan karena Yc Merupakan fungsi dari Ec Dan Vc.
- Kehilangan Energi (EL) bertambah seiring bertambahnya kedalaman di hilir hal ini di sebabkan oleh karena EL merupakan fungsi dari tinggi bukaan dan kedalaman di hilir, semakin tinggi bukaan maka kedalaman di hilir juga besar.
- Pada perhitungan bilangan Froude (Fr) untuk menentukan karakteristik aliran yaitu bila Fr < 1 aliran subkritis Fr = 1 aliran kritis dan Fr > 1 aliran superkritis, dari hasil penelitian didapat aliran pada daerah hulu kecepatan pada luas penampang yang sama dan ketinggian air sangat mempengaruhi karakteristik aliran tersebut dimana pada daerah hulu aliran yang terjadi merupakan aliran subkritis. Kemudian setelah melewati pintu sorong ketinggian muka air

sangat mempengaruhi karakteristik aliran, faktor kecepatan dan tinggi bukaan pintu juga menyebabkan aliran berubah menjadi superkritis. Pada saat loncat air kecepatan aliran semakin menurun tapi aliran tetap superkritis, sampai pada daerah hilir kecepatan dan tinggi muka air semakin stabil dan aliran kembali berubah menjadi aliran subkritis.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Bilangan Froude adalah sebuah parameter non-dimensional yang menunjukkan efek relative dari efek inersia terhadap efek gravitasi dan juga menentukan karakteristik aliran. Aliran dikatakan kritis apabila bilangan Froude sama dengan satu, aliran disebut subkritis apabila F < 1 dan superkritis apabila F > 1. Aliran subkritis kadang-kadang disebut aliran tenang, sedang aliran cepat juga digunakan untuk menyatakan aliran super kritis. Bilangan Froude bertambah besar juga jika kecepatan bertambah besar. Kemudian pada hasil penelitian tentang Analisa Karakteristik Aliran Dengan Menggunakan Alat Ukur Pintu Sorong Pada Saluran Terbuka ditemukan bahwa karakterstik aliran berdasarkan Bilangan Froude (Fr)

berubah karena pengaruh Debit, Tinggi Bukaannya Pintu, kecepatan aliran dan gravitasi bumi.

- 2) Tinggi Bukaannya Pintu sorong sangat mempengaruhi Bilangan Froude sehingga mempengaruhi juga karakteristik aliran bila bukaan pintu semakin kecil dengan debit tetap maka kecepatan yang terjadi besar pula sehingga dapat membuat aliran menjadi superkritis.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diperoleh saran sebagai berikut:

- 1) Penting adanya analisa yang tepat mengenai variasi tinggi bukaan pintu agar didapatkan debit aliran yang sesuai untuk mengatur tinggi muka air.
- 2) Bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian mengenai "Analisa Karakteristik Aliran Menggunakan Alat Ukur Pintu Sorong Pada Saluran Terbuka" dapat juga dikembangkan dengan menggunakan metode lain selain metode tersebut yang sering digunakan dalam mengkaji mengenai pengaruh tinggi bukaan terhadap bilangan Froude.

Daftar Pustaka

- A. Turner, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 99 (7).1172-1173.
- Chow, Ven Te, 1985, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Jakarta, Erlangga.
- Chow, Ven Te, 1985, *Energi spesifik dalam Hidrolika Saluran Terbuka*, 37-39, Jakarta, Erlangga.
- Dep.PU, 1986, *Standar perencanaan irigasi; Kriteria perencanaan bangunan utama*, 84- 88, Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum. Bandung, Galang Persada.

French, Richard. H, 1985, *Open-Channel Hydraulics*, New York, Mc Graw Hill Book Company.

Hifni, H.M., 1993, *Metode Statistika*, 187-195, Malang, Fakultas Teknik Unibraw.

Rajaratnam, N., 1977, Free Flow Immediately Below Sluice Gate, *Journal of Hydr.Div*, ASCE, 103 (4), 345-351.

Rice, E. Charles & Kern C. Kadavy (1993). Protection Against Scour at SAF Stilling Basins. *Journal of Hydraulic Engineer-in ASCE*, 119 (1). 133-139

Raju, Rangga, K. G, 1986, *Aliran Melalui Saluran Terbuka*, Jakarta, Erlangga.

Rao, P.V. (1973). Boundary Layer Effects on Hydraulic Jump Location, diskusi oleh E.Wilson

Stern, Fred (1999). *Dimensional Analysis and Similitude dalam Mechanics of Fluids and Transport Processes* (Bab 8). Leeds, University. Leeds-UK

Subarkah, Iman, 1979, *Bangunan Air*, Bandung, Idea Dharma.

Triatmodjo, Bambang, 1993, *Hidrolika Jilid 1*, Yogyakarta, Beta offset.

Triatmodjo, Bambang, 1993, *Hidrolika Jilid 2*, Yogyakarta, Beta offset.

Ohtsu, Iwao & Youichi Yasuda, 1994, Characteristic of Supercritical Flow Below Sluice Gate, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 120 (3).332-346.