

PENGARUH VARIASI TINGGI BUKAAN PINTU SORONG TERHADAP BILANGAN FROUDE DENGAN MATERIAL PASIR SUNGAI DOPI DI SALURAN TERBUKA

THE EFFECT OF SLUICE GATE OPENING HEIGHT VARIATIONS ON THE FROUDE NUMBER IN AN OPEN CHANNEL WITH DOPI RIVER SAND AS BED MATERIAL.

Irnovia Berliana Pakpahan^{1*}, Ni Made Linda², Sri Susilawati³

^{1,2}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sintuwu Maroso

³Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tompotika Luwuk

email: pakpahanirnovia@gmail.com¹, madelinda2001@gmail.com², sri.wati979@gmail.com³

Abstrak

Pintu Sorong (Sluice Gate) adalah bangunan pelengkap hidrolis yang berperan mengatur debit dan tinggi muka air baik di hulu maupun di hilir bangunan air, rentan mengalami gerusan di sebelah hulu dan hilir bangunan pada pintu air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Pengaruh Variasi Tinggi Bukaannya Pintu Air terhadap Bilangan Froude Dengan Material Pasir Sungai Dopi Pada Saluran Terbuka. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium pada saluran terbuka (flume) dengan variasi tinggi bukaannya pintu (Y_g) sebesar 0,5 cm, 0,7 cm, dan 1,0 cm dengan debit konstan (Q) sebesar 226,231 cm³/detik. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi bukaannya pintu sorong mempengaruhi kecepatan aliran. Tinggi bukaannya pintu berbanding terbalik dengan kecepatan aliran dan bilangan Froude di hilir dimana semakin kecil bukaannya pintu air maka kecepatan aliran meningkat dan semakin kecil bukaannya pintu maka kedalaman air di hilir (y_1) semakin dangkal. Tinggi bukaannya pintu air (Y_g) mempengaruhi bilangan Froude (F_r) dimana semakin kecil bukaannya pintu air maka bilangan Froude di hilir pintu semakin besar dan kedalaman gerusan semakin dalam dikarenakan kecepatan aliran meningkat. Nilai bilangan Froude di hilir pintu air pada tinggi bukaannya pintu 0,5 cm, 0,7 cm dan 1,0 cm adalah masing-masing sebesar 0,261, 0,255 dan 0,207 yang mengindikasikan karakteristik aliran adalah subkritis ($F_r < 1$).

Kata kunci: pintu sorong, tinggi bukaannya pintu, bilangan froude, karakteristik aliran

Abstract

A sluice gate is a hydraulic control structure that functions to regulate flow discharge and water surface elevation in both the upstream and downstream sections of a hydraulic system. However, areas adjacent to the gate are highly susceptible to scour processes occurring both upstream and downstream of the structure. This study aims to analyze the effect of variations in sluice gate opening height on the Froude number in an open channel using Dopri River sand as the bed material. The research was conducted using an experimental laboratory approach in an open-channel flume. Three sluice gate opening heights (Y_g) were investigated: 0.5 cm, 0.7 cm, and 1.0 cm, while maintaining a constant discharge (Q) of 226.231 cm³/s. The experimental results indicate that the sluice gate opening height significantly affects flow velocity. An inverse relationship was observed between gate opening height, flow velocity, and the downstream Froude number. As the gate opening decreases, the flow velocity increases, while the downstream water depth (y_1) becomes shallower. Furthermore, the gate opening height (Y_g) influences the Froude number (F_r), where a smaller gate opening results in a higher downstream Froude number and greater scour depth due to the increase in flow velocity. The calculated Froude numbers downstream of the sluice gate for opening heights of 0.5 cm, 0.7 cm, and 1.0 cm were 0.261, 0.255, and 0.207, respectively. These values indicate that the flow regime remained subcritical ($Fr < 1$) under all tested conditions.

Keawords : sluice gate, gate opening height, froude number, flow characteristics.

PENDAHULUAN

Pintu air digunakan untuk mengatur/mengontrol debit, kecepatan aliran, serta tinggi muka air di saluran. Bangunan ini digunakan di saluran-saluran sekunder dan tersier, bangunan sadap dan bagi sadap untuk membagi air sesuai debit yang direncanakan. Pintu air juga digunakan untuk mengatur aliran air dalam suatu saluran yang di pasang pada bagian hilir di atas saluran. Pembagian air berdasarkan debit dilakukan dengan mengatur bukaan pintu. Banyak macam dan jenis pintu air dan salah satu diantaranya adalah pintu sorong (*sluice gate*). Perubahan bukaan pintu air akan menyebabkan variasi pada kecepatan dan kedalaman aliran yang selanjutnya mempengaruhi bilangan Froude (Fr). Kedalaman aliran mempengaruhi besarnya gerusan lokal yang terjadi.

Penelitian terdahulu telah banyak membuktikan bahwa optimalisasi bangunan air yang berperan mengatur debit serta tinggi muka air pada hulu dan hilir bangunan air, namun rentan mengalami gerusan (*local scouring*) pada bangunan pintu air (Abdul Waaritshasan S, dkk., 2021). Gerusan lokal yang terjadi di hilir pintu air perlu diperhatikan, karena dapat berdampak besar pada stabilitas keamanan bangunan air. Proses gerusan dimulai dengan pergerakan sedimen dan erosi yang terjadi di dasar sungai mengikuti pola aliran air. Adanya perubahan pola aliran maka terjadi ketidakseimbangan antara jumlah angkutan sedimen yang lebih besar dari suplai sedimennya. Berbagai penanganan masalah gerusan lokal pada hilir bangunan pintu air telah banyak dilakukan untuk mengendalikan dan meminimalkan kerusakan akibat aliran deras setelah melewati pintu air diantaranya perkuatan dasar, pemasangan kolam olak, penempatan *end sill*, perlindungan tebing sungai (A. Amin Latif, dkk.,2019) Gerusan lokal yang terjadi di hilir pintu air perlu diperhatikan, karena dapat berdampak besar pada stabilitas keamanan bangunan air.

Salah satu parameter non-dimensial yang menggambarkan karakteristik aliran termasuk efek relatif dari efek inersia maupun gravitasi yaitu bilangan Froude. Bilangan Froude yaitu bagian dari karakteristik aliran yang merupakan besaran nondimensial yang merefleksikan efek relatif dari efek inersia dan efek gravitasi. Berdasarkan bilangan Froude ini dapat ditentukan tipe aliran dari subkritis (aliran tenang) hingga super kritis (aliran cepat),(A. Amin Latif, dkk.,2019).

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Sintuwu Maroso Kabupaten Poso Sulawesi Tengah dan lokasi pengambilan sampel pasir diambil di Sungai Dopi di desa Taunca Kecamatan Poso Pesisir Selatan. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari hingga Maret.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Bahan dan Alat

Adapun bahan dan alat yang akan dipakai selama penelitian adalah :

1. Bahan
Bahan yang akan dipakai adalah pasir Sungai Dopri dari desa Taunca Kecamatan Poso Pesisir Selatan
2. Alat
Saluran terbuka (*open channel*), pintu air tipe pintu sorong vertikal, *point gauge*, analisa saringan, penggaris, stopwatch, dan gelas ukur.

Ringkasan Metode Penelitian

Penelitian berupa pegujian dan pengamatan pengaruh tinggi bukaan pintu terhadap bilangan Froude dengan dasar material pasir Sungai Dopri pada Saluran Terbuka (*Open Chanel*). Data yang diambil merupakan data primer berupa pasir Sungai Dopri dan data hasil pengukuran di Saluran Terbuka (Flume) dan data sekunder. Data kemudian ditabulasi sesuai dengan kebutuhan analisis yang akan dilakukan dilanjutkan dengan analisis secara deskriptif. Pengukuran tinggi muka air dilakukan pada tiga titik pada saluran terbuka yaitu kiri, tengah dan kanan dengan jarak masing-masing 3 cm ke arah hilir pintu sorong. Penelitian ini dilakukan menggunakan debit yang sama (konstan) pada setiap bukaan pintu. Posisi tinggi bukaan pintu yang digunakan yaitu 0,5 cm, 0,7 cm dan 1,0 cm. Pengukuran kedalaman air dan gerusan menggunakan *point gauge*.

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan yang digunakan dalam pengukuran adalah :

- a. Variabel bebas yang diatur yaitu tinggi bukaan pintu (Y_g)
- b. Variabel yang diukur yaitu kedalaman gerusan (d_s), tinggi air/kedalaman air di hilir (y_1).

Persiapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan model saluran dengan penampang persegi panjang dengan panjang 5 m, lebar 0,1 m dan tinggi 0,250 m.
- b. Memasang model pintu sorong yang sesuai dengan saluran yaitu lebar 10 cm. Menggunakan tipe pintu sorong vertikal.
- c. Menyiapkan material dasar (pasir) yang lolos saringan no.16 (diameter lubang ayakan 1,18 mm) yang tertahan sekitar 40 persen.
- d. Memasang material dasar (pasir) pada model saluran dengan tebal 10 cm.
- e. Melakukan pengecekan terhadap peralatan yang digunakan dalam penelitian, apakah kondisi alat dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan.
- f. Pengecekan debit agar didapat data debit aliran yang digunakan lebih akurat.

Gambar 2 dan Gambar 3 masing-masing memperlihatkan seperangkat model saluran terbuka dan model fisik saluran dengan material pasir.



Gambar 2. Model Open Channel



Gambar 3. Model Fisik Saluran dengan Pasir

Teknik Analisis Data

Metode yang digunakan dalam analisa data meliputi rumus perhitungan hidrolis saluran yaitu luas penampang dan kecepatan aliran kecuali debit dilakukan dengan cara menampung air dalam gelas ukur sesuai dengan batas yang telah ditentukan. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, penelitian ini dilakukan dalam lima kali percobaan guna mendapatkan nilai rata-rata. dan rumus bilangan Froude.

a. Luas penampang basah

$$A = b \times Y_1 \quad (1)$$

dengan :

A = luas penampang (cm²)

b = lebar saluran (cm)

y₁ = tinggi muka air/kedalaman air di hilir

b. Kecepatan Saluran

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

dengan :

Q = debit air (cm³/detik)

V = kecepatan aliran (cm/detik)

A = luas penampang (cm²)

c. Bilangan Froude

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y_1}} \quad (3)$$

dengan :

F_r = bilangan Froude

g = percepatan gravitasi (9,81 m/detik² = 981 cm²/detik)

y₁ = tinggi muka air/kedalaman air di hilir

HASIL DAN PEMBAHASAN

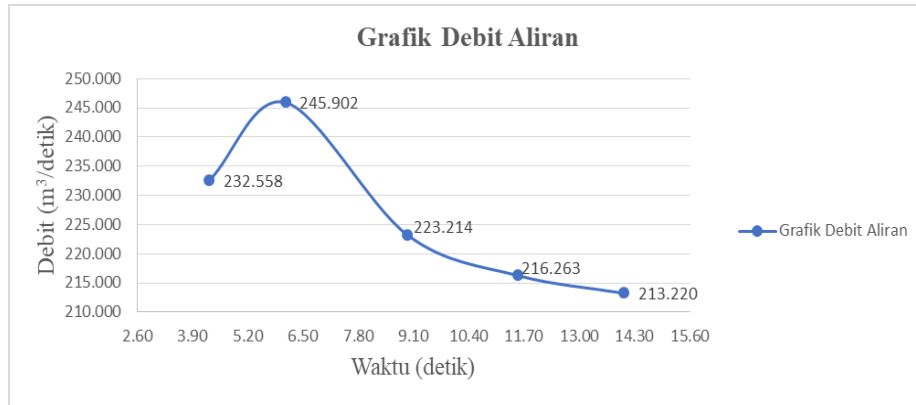
A. Perhitungan Debit

Debit aliran diukur menggunakan gelas ukur dengan cara menampung air di dalam gelas ukur. Pengambilan debit awal dilakukan sebanyak lima kali dengan stopwatch kemudian didapatkan debit rata-ratanya.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Debit

No	Volume Air		Waktu (detik)	Debit (cm ³ /detik)
	ml	cm ³		
1	1000	1000	4,30	232,558
2	1500	1500	6,10	245,902
3	2000	2000	8,96	223,214
4	2500	2500	11,56	216,263
5	3000	3000	14,07	213,220
Rata-rata				226,231

(Sumber : Hasil Pengukuran)



Gambar 4. Grafik Pengukuran Debit

B. Perhitungan Luas Penampang Aliran dan Kecepatan Aliran

Perhitungan luas penampang untuk tinggi bukaan pintu 0,5 cm

$$\begin{aligned}
 A &= b \times y_1 \\
 &= 10 \times 1,97 \\
 &= 19,7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kecepatan aliran untuk tinggi bukaan pintu 0,5 cm

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{226,231}{19,7} = 11,48 \text{ cm/detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Luas Penampang dan Kecepatan Aliran

Tinggi Bukaan Pintu (Y _g)	Lebar Saluran (b)	Kedalaman Air Hilir Pintu (y ₁)	Luas Penampang Basah di Hilir (A _{Hilir})	Debit Aliran (Q)	Kecepatan Aliran (v)
cm	cm	cm	cm ²	cm ³ /detik	cm/detik
0,5	10	1,97	19,7	226,231	11,48
0,7	10	2,0	20	226,231	11,31
1,0	10	2,3	23	226,231	9,84

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa tinggi bukaan pintu air (Y_g) mempengaruhi kecepatan aliran (V). Semakin kecil bukaan pintu air (pintu sorong) maka kecepatan aliran meningkat dan semakin kecil bukaan pintu (Y_g) maka kedalaman air di hilir (y₁) semakin dangkal.

C. Perhitungan Bilangan Froude

Perhitungan bilangan Froude untuk tinggi bukaan 0,5 cm

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y_1}}$$

$$F_r = \frac{11,48}{\sqrt{981 \cdot 1,97}}$$

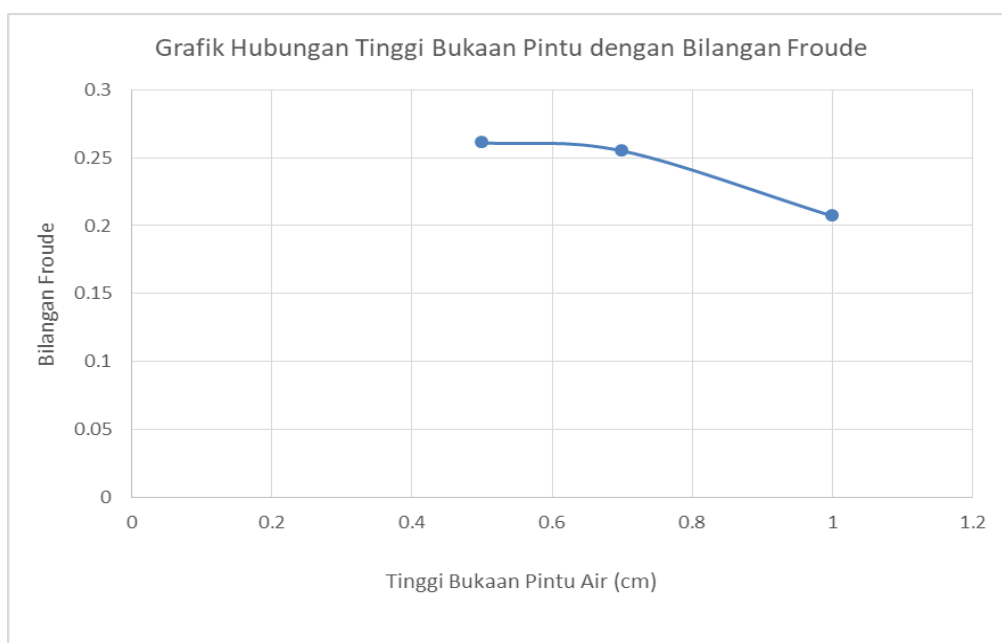
$$= 0,261$$

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Bilangan Froude

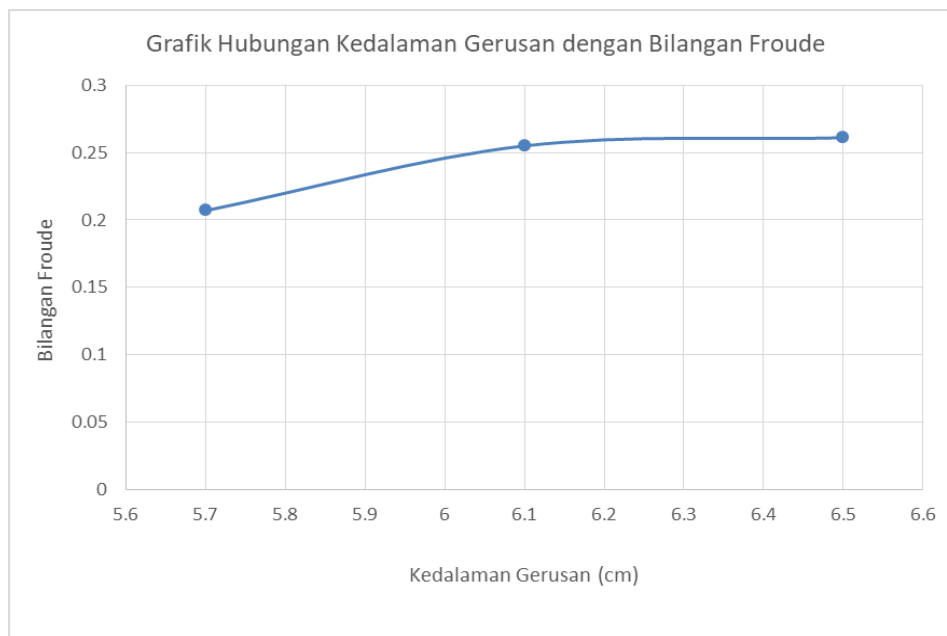
Tinggi Bukaan Pintu (Y_g)	Lebar Saluran (b)	Kedalaman Air Hilir Pintu (y_1)	Luas Penampang Basah di Hilir (A_{Hilir})	Debit Aliran (Q)	Kecepatan Aliran (v)	Bilangan Froude	Kedalaman Gerusan (ds)
cm	cm	cm	cm ²	cm ³ /detik	cm/detik		cm
0,5	10	1,97	19,7	226,231	11,48	0,261	6,5
0,7	10	2,0	20	226,231	11,31	0,255	6,1
1,0	10	2,3	23	226,231	9,84	0,207	5,7

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi bukaan pintu air (Y_g) maka bilangan Froude (F_r) di hilir pintu semakin kecil dan dikategorikan sebagai aliran subkritis. Semakin kecil bukaan pintu air maka kecepatan aliran meningkat dan kedalaman gerusan semakin besar.



Gambar 5. Grafik Hubungan Tinggi Bukaan Pintu Air (Y_g) dengan Bilangan Froude (F_r)



Gambar 6. Grafik Hubungan Tinggi Bukaannya Pintu Air (Y_g) dengan Bilangan Froude (F_r)

Berdasarkan hasil perhitungan bilangan Froude (F_r) dan hasil pengukuran kedalaman gerusan di hilir pintu sorong (ds) dapat dilihat bahwa kedalaman gerusan yang terjadi berbanding lurus dengan nilai bilangan Froude (F_r).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi bukaan pintu sorong mempengaruhi kecepatan aliran. Tinggi bukaan pintu berbanding terbalik dengan kecepatan aliran dan bilangan Froude di hilir dimana semakin kecil bukaan pintu air maka kecepatan aliran meningkat dan semakin kecil bukaan pintu maka kedalaman air di hilir (y_1) semakin dangkal. Tinggi bukaan pintu air (Y_g) mempengaruhi bilangan Froude (F_r) dimana semakin kecil bukaan pintu air maka bilangan Froude di hilir pintu semakin besar dan kedalaman gerusan semakin dalam dikarenakan kecepatan aliran meningkat. Nilai bilangan Froude di hilir pintu air pada tinggi bukaan pintu 0,5 cm, 0,7 cm dan 1,0 cm adalah masing-masing sebesar 0,261, 0,255 dan 0,207 yang mengindikasikan karakteristik aliran adalah subkritis ($Fr < 1$).
2. Dari hasil perhitungan bilangan Froude (F_r) dan hasil pengukuran kedalaman gerusan (ds) di hilir pintu sorong (ds) menunjukkan bahwa kedalaman gerusan yang terjadi berbanding lurus dengan nilai bilangan Froude (F_r).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Waaritshasan S., Andi Musallamah., Ratna Musa³ , Mas'ud SAR., Muhammad Haris. (2021). JILMATEKS, Volume 3 Nomor 1
- Abner Doloksaribu., Jeni Paresa., Irianto Para'pak. (2021). Kajian Pengaruh Tinggi Bukaam Pintu Air Terhadap Bilangan Froude Dibagian Hilir Saluran Primer. Musamus Journal of Civil Engineering, Volume 4 no.1.
- Affandi, M. R. 2007. Pengaruh kedalaman aliran terhadap perilaku gerusan local di sekitar abutmen jembatan. Universitas Negeri Semarang.
- Albas, J., & Permana, S. (2016). Kajian Pengaruh Tinggi Bukaam Pintu Air Tegak (Sluiceway) Terhadap Bilangan Froude. Jurnal Konstruksi, 14(1), 35–45.
<https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.14-1.366>
- A. Amin Latif1., Muhammad Saleh Pallu., Farouk Maricar., Mukhsan Putra Hatta. (2019). Pengaruh Tinggi Bukaam Pintu Air Terhadap Bilangan Froude Dengan Dasar Tanah Lempung Pada Saluran Terbuka. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2019 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bambang Triatmodjo, 2008. "Hidrologi Terapan". Yogyakarta : Beta Offset.
- Breuser, H. N. C. and Raudkivi, A. J., 1991, Scouring, IAHRHydraulicStructure Design Manual, Rotterdam : AA Balkema.
- Chatterjee, M., Chatterjee, S.S. dan Ghosh, S'N., 1994, Local Scour Due To Submerged Horizontal let, Journal of Hydraulic Engineering Vol. 120 No. 8 page 973-991. Hoffmans, G.}.C.M. dan Verheii, H].
- Chow, V. T. 120997.128. 1959. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta : Erlangga.
- Joko Legono.(1990). Gerusan Lokal. Bahan Kuliah. Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gadjah Mada.
- Miller Jr, W., 2003, Model For The Time Rate Of Local Sediment Scour At A Cylindrical Structure, Disertasi., Florida : PPS Universitas Florida.
- Soewarno. 1991. Hidrologi: Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Bandung : Nova
- Triatmodjo, B. 2010. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.