

KAJIAN PENGARUH TINGGI BUKAAN PINTU AIR TEGAK (SCLUICEGATE) TERHADAP BILANGAN FROUDE

Jani Albas¹, Sulwan Permana²

Jurnal Konstruksi
Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@sttgarut.ac.id

¹janielbas@yahoo.com
²sulwanpermana@sttgarut.ac.id

Abstrak – Dalam mengoptimalkan peranan bangunan pintu air sebagai pengatur debit dan pengatur tinggi muka air dihilir bangunan pintu air, sering dihadapkan pada masalah gerusan local (Local Scouring) di sebelah hilir bangunan pintu air. Berbagai penanganan masalah tersebut telah dilakukan, diantaranya dengan pembuatan landasan kolam olak atau dikombinasikan dengan pemasangan ambang peredam energi (End Sill). Bilangan Froude adalah sebuah parameter non-dimensional yang menunjukkan efek relative dari efek inersia terhadap efek gravitasi. Aliran subkritis kadang-kadang disebut aliran tenang, sedang aliran cepat juga digunakan untuk menyatakan aliran super kritis. Faktor-faktor yang mempengaruhi bertambahnya ketinggian aliran pada energi spesifik adalah ketinggian muka air dan harga kecepatan masing-masing keadaan debit. Dari percobaan perhitungan yang dilakukan didapat hasil sebagai berikut: Percobaan pertama, $A = (Yg\ 0,25\ Fr\ 2,72)$, $B = (Yg\ 0,50\ Fr\ 0,96)$, $C = (Yg\ 1,00\ Fr\ 0,35)$. Percobaan kedua, $A = (Yg\ 0,25\ Fr\ 2,72)$, $B = (Yg\ 0,50\ Fr\ 0,96)$, $C = (Yg\ 0,75\ Fr\ 0,52)$. Percobaan ketiga, $A = (Yg\ 0,25\ Fr\ 2,72)$, $B = (Yg\ 0,50\ Fr\ 0,96)$, $C = (Yg\ 0,75\ Fr\ 0,52)$. Hasil Perhitungan bahwa bilangan Froude ada hubungannya dengan tinggi bukaan pintu air, semakin tinggi bukaan pintu air maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan.

Kata kunci : Pintu Air, Tinggi Bukaan, Bilangan Froude.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daratan yang secara topografi yang dibatasi oleh irigasi yang berfungsi menampung dan menyimpan air kemudian disalurkan ke sungai utama. Daerah Aliran Sungai (DAS) dibagi tiga daerah yaitu hulu, tengah, dan hilir.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh tinggi bukaan pintu terhadap bilangan *froude* yang terjadi di pintu air yang akan dijadikan sebagai lokasi penelitian.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengukur debit yang dilakukan dengan cara pengukuran tinggi muka air, pengukuran kecepatan aliran dan pengukuran penampang melintang sungai disekitar pintu.
2. Mengetahui besarnya bilangan *Froude* terhadap debit air saluran.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit dengan hasil dari

pengukuran tinggi muka air, kecepatan aliran, dan pengukuran penampang melintang sungai di sekitar bukaan pintu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah irigasi di Indonesia.

Secara umum menjelaskan perkembangan mulai dari adanya usaha pembuatan irigasi sangat sederhana, perkembangan irigasi di Mesir, Babilonia, India dan sebagainya. Kemudian bagaimana perkembangan irigasi di Indonesia sampai saat sekarang.

2.2 Pengertian Irigasi

Irigasi merupakan suatu ilmu yang memanfaatkan air untuk tanaman mulai dari tumbuh sampai masapanen. Air tersebut diambil dari sumbernya, dibawa melalui saluran, dibagikan kepada tanaman yang memerlukan secara teratur, dan setelah air tersebut terpakai, kemudian dibuang melalui saluran pembuang menuju sungai kembali.

2.3 Aspek irigasi (*Engineering dan Agricultural*)

Aspek Engineering menyangkut:

- a Penyimpanan, penyimpangan, dan pengangkutan.
- b Membawa air ke ladang pertanian.
- c Pemakaian air untuk persawahan.
- d Pengeringan air yang berlebihan.
- e Pembangkit tenaga air.

Aspek Agrikultural menyangkut:

- a Kedalaman pemberian air
- b Kedalaman pemberian air
- c Distribusi air secara seragam dan berkala
- d Kepastian dan aliran yang berbeda
- e Reklamasi tanah tandus dan tanah alkaline

2.4 Perencanaan Irigasi

Secara umum langkah – langkah membuat perencanaan irigasi meliputi:

- a. Peta topografi daerah yang akan direncanakan jaringan irigasinya dan data klimatologi yang diperlukan, meliputi : data curah hujan, suhu udara, penyinaran matahari, kelembaban relatif, dan kecepatan angin.
- b. Membuat rencana berupa petak-petak tersier, sekunder, saluran pembawa, dan saluran pembuang (drainase).
- c. Menghitung angka kebutuhan air berdasar data-data yang ada.
- d. Merencanakan dimensi dari jaringan irigasi baik saluran sekunder, tersier maupun primer.
- e. Merencanakan dimensi saluran drainase, termasuk perhitungan muka air.
- f. Menggambarkan penampang memanjang untuk jaringan irigasi yang direncanakan.
- g. Membuat gambar rencana.

2.5 Elevasi Muka air

Secara khusus tujuan analisis hidrologi dalam pekerjaan pengendalian banjir adalah untuk memperkirakan debit banjir dan elevasi muka air banjir pada sungai, sehingga dapat direncanakan tinggi jagaan (freeboard) yang dapat melindungi daerah sekitar sungai dari bahaya terendam banjir.

2.6 Tujuan Irigasi

Disamping untuk memenuhi kebutuhan air pada tanaman, irigasi dapat digunakan untuk berbagai macam pekerjaan dengan tujuan sebagai berikut :

- a. Memupuk atau merabuk tanah.
- b. Membilas air kotor.
- c. Kultamase
- d. Memberantas hama.

2.7 Jenis Irigasi

Jenis Irigasi Terdiri dari:

- a. Irigasi Permukaan
- b. Irigasi Lokal
- c. Irigasi dengan Penyemprotan.
- d. Irigasi Tradisional dengan Ember.
- e. Irigasi Pompa Air.

2.8 Daerah Aliran Sungai

DAS adalah sebidang lahan yang menampung air hujan dan mengalirkannya menuju parit, sungai, dan akhirnya bermuara ke danau atau laut. istilah yang juga umum digunakan. DAS adalah daerah tangkapan air karena air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah sepanjang lereng, maka garis batas sebuah DAS adalah punggung bukit sekeliling sebuah sungai. DAS dapat di bagi ke dalam 3 komponen yaitu bagian hulu, tengah, dan hilir.

1.1 Irigasi dan Bagian Air

Irigasi dapat diartikan sebagai suatu usaha yang dilakukan untuk mendatangkan air sebelumnya guna keperluan pertanian, mengalirkan dan membagikan air secara teratur dan setelah digunakan dapat dibuang kembali.

Sistem irigasi teknis mengalirkan air dengan beberapa cara, antara lain dengan membendung air kemudian menyadapnya dengan saluran utama ataupun mengambil air secara bebas (*free intake*) dengan mengandalkan gravitasi, beda tinggi antara air sungai yang akan dialirkan dan saluran utama yang akan dialiri.

1.1.1. Bangunan Utama (Headworks)

Bangunan utama adalah kompleks bangunan yang direncanakan melintang pada sungai atau aliran sungai untuk membelokkan air kedalam jaringan saluran agar dapat dipakai untuk berbagai keperluan

1.1.2. Pengambilan (Intake)

Bangunan pengambil (*Intake*) fungsi untuk memblokir air dari sungai ke saluran dalam jumlah yang telah ditentukan. Bangunan ini dilengkapi dengan pintu (*gate*) dan bagian terdepunya terbuka untuk menjaga bila terjadi muka air tinggi selama banjir.

1.1.3. Kantong Lumpur

Bangunan kantong lumpur merupakan bangunan pelengkap atau bagian dari bangunan utama yang berfungsi untuk mengelakan angkutan sedimen dasar dan layang terutama fraksi pasir dan yang lebih besar agar tidak masuk ke jaringan pengairan.

1.2 Erosi dan Angkutan Sedimen

Erosi adalah pemindahan dan trasportasi material permukaan bumi yang kebanyakan berupa tanah dan debris batuan (regolith) bahan-bahan yang tererosi secara alami. (HR. Mulyono). Proses dari erosi yaitu tanah dapat tererosi yakni terlepas dari lokasinya, oleh aksi angin, air, gaya gravitasi (gempa bumi), dan aktifitas manusia.

1.2. Teori Hidrolika dan Aliran Air

Aliran air dalam suatu aliran dapat erupa aliran saluran terbuka (*Open channel flow*) maupun aliran pipa (*pipe flow*). Keduanya jenis aliran tersebut sama dalam banyak hal, namun berbeda dalam satu hal yang penting. Aliran saluran terbuka harus memiliki permukaan bebas (*free surface*) sehingga dipengaruhi oleh tekanan udara bebas (*atmospheric pressure*), sedangkan aliran pipa tidak demikian, karena air harus mengisi seluruh saluran. Aliran pipa, yang terkurung dalam saluran tertutup, tidak terpengaruh langsung oleh tekanan udara, kecuali oleh tekanan hidrolik.

1.2.1. Keadaan Aliran

Aliran dalam saluran terbuka harus memiliki permukaan bebas (free surface) yang akan dipengaruhi oleh tekanan udara. Aliran saluran terbuka dapat digolongkan menjadi berbagai jenis yaitu aliran tetap (steady flow), aliran tidak seragam (non unifrom flow) dan aliran berubah lambat laun (gradually varied flow).

1.2.2. Tipe Aliran

Tipe aliran pada saluran terbuka (Chow, 1959) digolongkan menjadi:

1. Aliran Tetap
 - a) Aliran seragam (*unifrom flow*)
 - b) Aliran berubah (*varied flow*)
 - c) Aliran berubah lambat laun (*rapidly varied*)
 - d) Aliran berubah tiba-tiba (*gradually varied*)
2. Aliran Tidak Tetap
 - a) Aliran seragam tidak tetap (jarang)
 - b) Aliran tak tetap (aliran berubah tak tetap)
 - c) Aliran tak tetap berubah lambat laun.
 - d) Aliran tak tetap berubah tiba-tiba

1.3. Bilangan Froude

Aliran melalui saluran terbuka dibedakan menjadi tipe aliran sub-kritis (mengalir) dan super kritis (meluncur). Aliran sub-kritis bergantung pada kondisi daerah hilir yang nantinya mempengaruhi keadaan hulu. Keadaan aliran super kritis ini memungkinkan kondisi hulu akan mempengaruhi aliran di sebelah hilir. Penentuan tipe aliran sub-kritis maupun super kritis didasarkan pada nilai Froude (Triadmodjo, 2010). Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$Fr^2 = \frac{v^2}{g \cdot Y_g}$$

1.4. Loncatan Hidrolik

Aliran air yang melewati das akan mengalami loncatan hidrolik akibat terjadinya pelepasan energi karena berubahnya kondisi aliran dari super kritik menjadi aliran sub kritik. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$Y_1 = \frac{1}{2} \cdot Y_g \cdot (\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1)$$

1.5. Debit Air

Debit air adalah banyaknya volume zat cair yang mengalir pada tiap satu satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam satuan liter/detik atau dalam satuan meter kubik (m^3) per detik. Rumus menghitung debit air yaitu :

$$\text{Debit} = \frac{V}{t} = m^3/s$$

1.6. Energi Spesifik

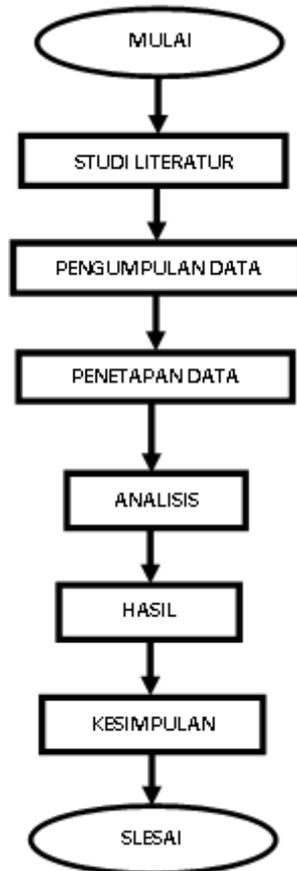
Energi spesifik dalam suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi air setiap pon pada setiap penampang saluran, diperhitungkan terhadap dasar saluran. loncatan dapat dihitung dengan persamaan :

$$E = y + \frac{v^2}{2g}$$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Berikut ini disajikan diagram alir penelitian yang akan dilakukan sebagai proses analisa, yaitu sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alur Penyusunan Tugas Akhir

1 Penjelasan Diagram Alir

1.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh masukan (infut) dari buku – buku, hasil pengamatan, maupun kajian dari literatur, yang sangat bermanfaat bagi penulis untuk memperoleh dan memperkaya pengetahuan dalam menganalisa dan menuangkan laporan hasil peneliti berkaitan dengan Hidrolika Saluran Terbuka dan Standar Perencanaan Irigasi

1.1.1.1. Metode dan Cara Pengumpulan Data

Data yang diambil merupakan data primer dan sekunder. Data kemudian ditabulasi sesuai dengan kebutuhan analisis yang akan dilakukan, dilanjutkan dengan analisis secara deskriptif guna menjelaskan masalah yang diteliti.

1) Penetapan data

Hasil dari pengukuran lapangan didapat, lebar saluran (B) = 1,5 m dan tinggi pintu bukaan (H) = 3,5 m, tinggi daun pintu bukaan 2 m.

Berikut hasil dari Tinggi pintu bukaan air dan tinggi muka air diudik

Data	Yo (m)	Yg (m)
1	A	1.30
	B	1.30
	C	1.00
2	A	1.00

	B	1.00	0.50
	C	1.00	0.75
3	A	0.65	0.25
	B	0.65	0.50
	C	0,65	0,75

2) Metode Survei dan Wawancara

Metode survei adalah penyelidikan yang diadakan untuk memperoleh fakta - fakta. Penyelidikan dilakukan pada pintu air tegak (*sluicgate*) Cimaragas, Garut. Berhubungan dengan Tugas akhir ini yang berjudul “Kajian Pengaruh Buka-an Pintu Air Tegak (*Sluicgate*) terhadap Bilangan *Froude*”, antara lain: Data Lapangan (Debit air, Ukuran Pintu bukaan, dan ukuran saluran air).

3) Dokumentasi Penelitian lapangan



Gambar 2. Pintu Air Tegak Cimaragas (dokumen pribadi)



Gambar 3. Debit air depan hulu ketika pintu air di tutup (dokumen pribadi)



Gambar 4. Saluran Irigasi yang Mengaliri pintu air Cimaragas (dokumen pribadi)

4) Lokasi dan Batasan Wilayah
 Lokasi pintu air yang dianalisis dibatasi oleh:



Gambar 5. Pintu Air dan Batas Wilayah Irigasi Cimaragas (sumber google map)

- Keterangan:
- Sebelah barat : Ds. Muara Sanding
 - Sebelah Timur : Ds. Margawati
 - Sebelah Selatan : Kec. Cilawu
 - Sebelah Utara : Ds. Sirah Situ

IV. PEMBAHASAN

4.1 Teori Dasar

$$E = y + \frac{u^2}{2g} \dots\dots\dots(4.1)$$

Pada kondisi aliran tidak seragam (*non uniform flow*) nilai E dapat bertambah atau berkurang. Dalam hal ini kecepatan rerata $u = Q/A$, dimana $Q =$ debit aliran (m^3/dt) dan $A =$ luas penampang basah (m^2).

$$E = y + \frac{Q^2}{2gA^2} \dots\dots\dots(4.2)$$

Untuk saluran dengan penampang segi empat dengan lebar dasar b , maka $A = b.y$ dan debit parsatuan lebar $q = Q/b$, sehingga persamaan (A.2) menjadi :

$$E = y + \frac{Q^2}{2gb^2y^2} = y + \frac{q^2}{2gy^2} \dots\dots\dots(4.3)$$

Pada kondisi kedalaman kritis y_c (*critical depth*) nilai E adalah minimum ($dE/dY = 0$), sehingga persamaan (A.3) menjadi :

$$\frac{dE}{dY} = 0 \rightarrow 1 - \frac{g^2}{qy^3} = 0,$$

atau dapat dinyatakan

$$g^2 = g \cdot y \dots \dots \dots (4.4)$$

Dari persamaan (A.3) dan (A.4), diperoleh :

$$E_{\min} = y_c + \frac{(gy_c^3)}{(2gy_c^2)} = \frac{3}{2} y_c \dots \dots \dots (4.5)$$

Pada kondisi kedalaman kritis (y_c) dan kecepatan kritis (u_c), maka :

$$q = u_c \cdot y_c \cdot 1 = u_c \cdot y_c \dots \dots \dots (4.6)$$

Dari persamaan (A.4) dan (A.6), diperoleh :

$$y^3 = \frac{q^2}{g} = \frac{U_c y_c^2}{g} \dots \dots \dots (4.7)$$

Atau dapat dinyatakan dengan :

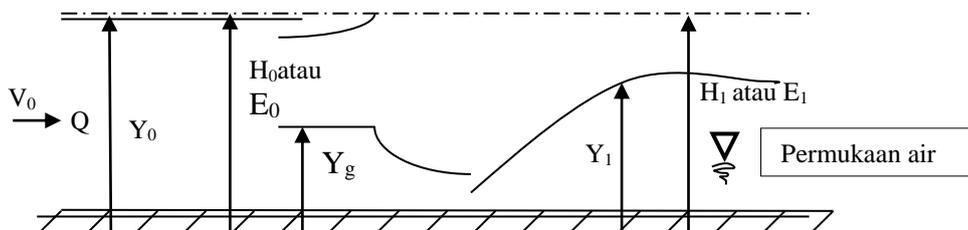
$$\frac{U_c}{(g \cdot y_c)^{1/2}} = 1 \dots \dots \dots (4.8)$$

Persamaan (A.8) merupakan pernyataan dari bilangan Froude (F), yang mana nilai F=1 merupakan kondisi E_{\min} atau kedalaman aliran adalah **"kritis"**.

Kriteria untuk menentukan kondisi aliran adalah sebagai berikut :

- F = 1** \longrightarrow **aliran kritis**
- F > 1** \longrightarrow **aliran super kritis**
- F < 1** \longrightarrow **aliran sub kritis**

Hasil dari pengukuran lapangan didapat debit (Q) = (19168+20419)/31 = 1277 l/s = 1,277 m³/s (dari data lapangan), lebar saluran (B) = 1,2 m dan tinggi pintu bukaan (H) = 3,5 m, tinggi daun pintu bukaan 2 m.



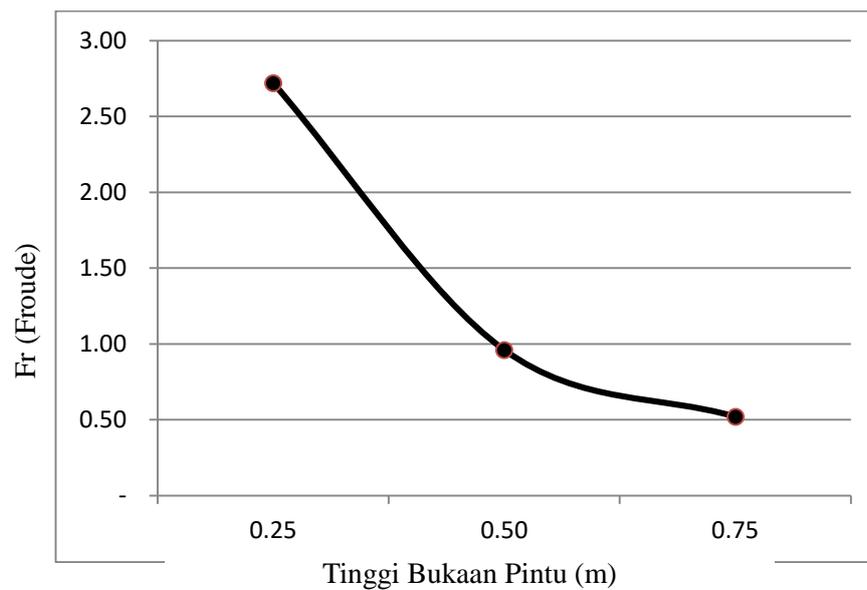
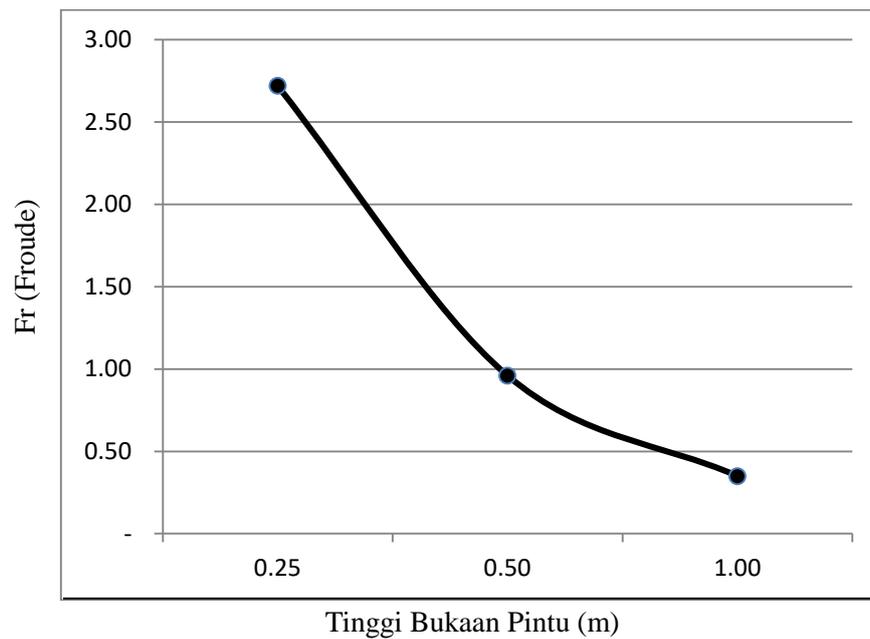
Asumsi percobaan		Y_0 (m)	Y_g (m)
1	A	1,30	0,25
	B	1,30	0,50
	C	1,30	1,00
2	A	1,00	0,25
	B	1,00	0,50
	C	1,00	0,75
3	A	0,65	0,25
	B	0,65	0,50
	C	0,65	0,75

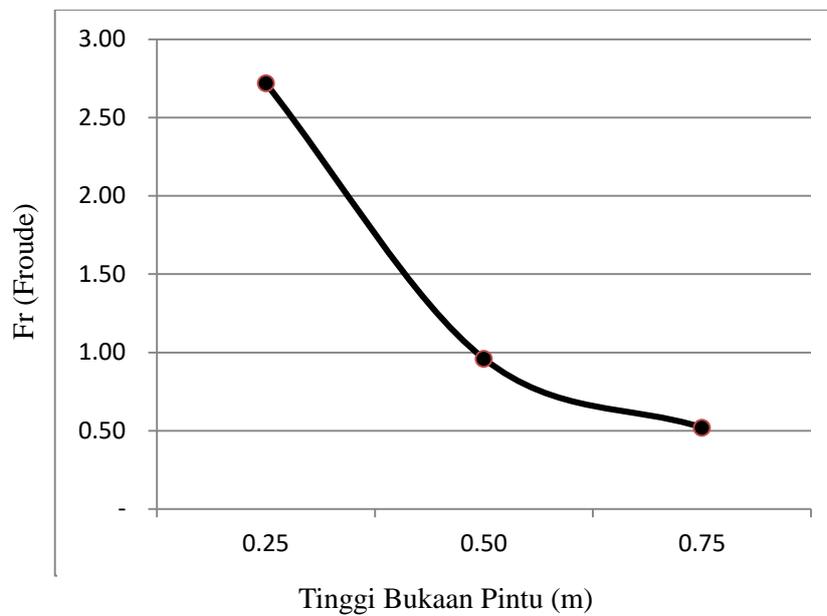
Data Hasil Perhitungan :

Asumsi Percobaan	Y_0 (m)	Y_g (m)	q (m ³ /s)	V_2 (m/s)	F_r	Y_1 (m)	ΔE	Keterangan
1 A	1,30	0,25	1,064	4,26	2,72	0,96	0,525	Super kritis

	B	1,30	0,50	1,064	2,120	0,96	0,86	0,024	Sub kritis
	C	1,30	1,00	1,064	1,064	0,35	0,49	0,13	Sub kritis
2	A	1,00	0,25	1,064	4,26	2,72	0,96	0,525	Super kritis
	B	1,00	0,50	1,064	2,120	0,96	0,86	0,024	Sub kritis
	C	1,00	0,75	1,064	1,42	0,52	0,56	0,024	Sub kritis
3	A	0,65	0,25	1,064	4,26	2,72	0,96	0,525	Super kritis
	B	0,65	0,50	1,064	2,120	0,96	0,86	0,024	Sub kritis
	C	0,65	0,75	1,064	1,42	0,52	0,56	0,024	Sub kritis

Diagram hasil perhitungan :





V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bilangan Froude adalah sebuah parameter non-dimensional yang menunjukkan efek relative dari efek inersia terhadap efek gravitasi. 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. Faktor-faktor yang mempengaruhi bertambahnya ketinggian aliran pada energi spesifik adalah :

1. Ketinggian muka air.
2. Harga kecepatan masing-masing keadaan debit.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diperoleh saran sebagai berikut: penting adanya pemeliharaan pintu air secara berkala, supaya pintu air tidak cepat rusak sehingga data yang dihasilkan akurat.

Bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian mengenai “Kajian Pengaruh Tinggi Bukaannya Air Tegak (*Sluicgate*) Terhadap Bilangan Froude” dapat juga dikembangkan dengan menggunakan metode lain selain metode tersebut yang sering digunakan dalam mengkaji mengenai pengaruh tinggi bukaannya air tegak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chow. V.T 120997.128. 1959 *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga
2. Asdak. C 2010 *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Jakarta: Erlangga
3. Soewarno 1991 *Hidrologi: Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung: Nova