



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 3 Nomor 4 Tahun 2023 Page 1980-1990

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

“Kajian Energi Spesifik Terhadap Loncatan Air Akibat Variasi Tinggi Bukaan Pintu Sorong”

Aldi Sahitua¹✉, Hanafi Ashad² Ali Mallombasi²

Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Email : aldisahitua66@gmail.com¹✉

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengkaji karakteristik aliran yang terjadi pada saluran terbuka dan mengetahui pengaruh tinggi bukaan pintu air terhadap aliran yang ditimbulkan pada saluran terbuka skala laboratorium guna untuk keamanan bangunan. Pengukuran kecepatan dan kedalaman aliran dilakukan pada beberapa titik yaitu pada bagian hulu, hilir sebelum loncatan dan setelah loncatan dengan variasi bukaan pintu air 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7cm dan 8 cm. Dari hasil penelitian ini, didapatkan bahwa pola pengoperasian pintu air menghasilkan karakteristik aliran di hulu dan hilir bendung yang berbeda-beda diantaranya kecepatan, kedalaman, debit, bilangan Froude, energi spesifik dan kehilangan energi. Semakin tinggi bukaan pintu air, kecepatan, debit dan energi spesifik yang dihasilkan pada bagian hulu semakin menurun. Sementara pada bagian hilir, baik sebelum dan sesudah loncatan terjadi peningkatan. Untuk hasil kecepatan dan bilangan Froude pada bagian hulu terjadi peningkatan. Sedangkan pada bagian hilir, baik sebelum dan sesudah loncatan terjadi penurunan. Jenis aliran yang terjadi pada penelitian ini, yakni aliran superkritis dengan $Fr < 1$ dan subkritis $Fr > 1$.

Kata Kunci : *Pengoperasian Pintu Air; Loncatan Hidraulik; Energi Spesifik.*

Abstract

The purpose of this study was to examine the flow characteristics that occur in open channels and determine the effect of the height of the sluice opening on the flow generated in laboratory-scale open channels for building safety. Measurement of flow velocity and depth was carried out at several points, namely upstream, downstream before the jump and after the jump with variations in the opening of the floodgates of 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm and 8 cm. From the results of this study, it was found that the operating pattern of the sluice resulted in different flow characteristics upstream and downstream of the weir including speed, depth, discharge, Froude number, specific energy and energy loss. The higher the sluice opening, the speed, discharge and specific energy produced in the upstream section decreases. While on the downstream, both before and after the jump there was an increase. For the results of speed and Froude number on the upstream there is an increase. While in the downstream, both before and after the jump there is a decrease. The type of flow that occurs in this study is supercritical flow with $Fr < 1$ and subcritical $Fr > 1$.

Keywords : *Watergate Operation; Hydraulic Jump; Energy Specific.*

PENDAHULUAN

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 hidrolis air. (Frank M, White). Dalam penelitian-penelitian sebelumnya yang sudah banyak dilakukan mengoptimalkan peranan bangunan pintu air sebagai pengatur debit dan pengatur tinggi muka air di hulu bangunan pintu air, sering dihadapkan pada masalah gerusan lokal (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 yaitu bagian dari karakteristik aliran adalah sebuah parameter nondimensial 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. Sehingga hasil yang didapatkan bahwa bilangan Froude ada hubungannya dengan tinggi bukaan pintu, semakin tinggi bukaan pintu air maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan. (Jani Albas, Sulwan Purnama, 2016).

Dalam merencanakan bangunan-bangunan air seperti pintu air, bendungan, dan bangunan air lainnya sangat diperlukan suatu gambaran tentang suatu fenomena hidrolis aliran yang melewati bangunan-bangunan tersebut. Hal ini dapat dilakukan melalui suatu

penelitian terhadap karakteristik dalam desain karena kegunaannya untuk mengetahui jenis aliran melalui berbagai bentuk model bangunan-bangunan yang terdapat pada saluran. Dengan fenomena aliran yang diperoleh, maka dapat dikembangkan kajian yang lebih lanjut terhadap bangunan- bangunan prototype sebagai suatu acuan perencanaan, dimana parameter- parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut dapat diterapkan dalam perencanaan di lapangan. Dalam melakukan suatu perencanaan bangunan-bangunan air misalnya saluran irigasi, bangunan pengendali sedimen, bangunan pengaduk/pencampur bahan kimia pada instalasi penjernihan air, dan bangunan lainnya maka fenomena perubahan perilaku hubungan antar parameter hidrolis dari air loncat yang terjadi patut dikaji. Dari masalah tersebut dapat dilakukan suatu penelitian dengan menggunakan bangunan pintu sorong menggunakan debit tertentu. Kajian analisa tinggi dan panjang loncatan air pada bangunan telah dilakukan pengujian panjang loncatan air oleh Woyeiski (1931) dengan $C = 8$, Smetana (1933) $C = 6$, Silvester (1964), dan USBR Rajaratnam berdasarkan Angka Froude. Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka penulis akhirnya melakukan penelitian untuk mengkaji dalam suatu tulisan ilmiah yang berjudul "Kajian Energi Spesifik Terhadap Loncatan Air Akibat Variasi Tinggi Bukaannya Pintu Sorong"

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

- a. Bahan yang digunakan adalah air
- b. Alat – alat yang digunakan yaitu:
 1. Seperangkat model Saluran Terbuka
 2. Pintu Sorong
 3. Alat Pengukur Kedalaman (Terameter)
 4. Pompa Air
 5. Meteran
 6. Penampung Air
 7. Current Meter
 8. Stopwatch

Variabel yang Diteliti

Analisa data yang menyangkut hubungan antara variabel-variabel dalam penelitian dilakukan dengan tahap sebagai berikut :

1. Perhitungan Kalibrasi Debit (C_d)
2. Perhitungan Debit (Q)

3. Perhitungan Panjang Loncatan Air (L_j)

4. Energi Spesifik (E)

Tahapan Penelitian

Pengujian Pintu Sorong

Pintu sorong digunakan untuk mengukur/mengatur air yang keluar dari kolam. dilakukan di laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia dengan menggunakan flume ukuran lebar 0.4 m, tinggi 0.40 dan panjang 5 m, sedang ukuran pintu sorong dengan lebar 10 cm. Dengan variabel bervariasi sebanyak 5 kali perubahan tinggi bukaan pintu sorong bervariasi. Metode harus membuat pembaca dapat memahami metode penelitian yang digunakan. Berikan detail yang memadai agar karya dapat dipahami. Metode yang dituliskan harus ditunjukkan dengan referensi: hanya modifikasi yang relevan yang harus dijelaskan. Jangan ulangi detail metode yang telah ditetapkan. Bagian ini memuat rancangan atau desain penelitian yang dilakukan. Pada bagian ini memuat tentang jenis penelitian, subjek/objek penelitian, teknik/instrumen pengumpulan data dan analisis data. Dilengkapi dengan ilustrasi berupa gambar / bagan desain dan langkah penelitiannya.

Model Pintu Sorong Yang Diuji

Model pintu yang akan diuji terdiri dari 5 variasi bukaan pintu sorong dengan 5 kondisi variasi pengaliran debit, seperti diperlihatkan berikut :

- a. Kondisi 1 bukaan pintu (y_{g1}) = 4 cm
- b. Kondisi 2 bukaan pintu (y_{g2}) = 5 cm
- c. Kondisi 3 bukaan pintu (y_{g3}) = 6 cm
- d. Kondisi 4 bukaan pintu (y_{g4}) = 7 cm
- e. Kondisi 4 bukaan pintu (y_{g5}) = 8 cm

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dibagi dalam 2 tahapan, yaitu percobaan dengan bukaan pintu tetap dan percobaan dengan bukaan pintu berubah. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- a. Percobaan dengan Bukaan Pintu (Y_g) Berubah

Model pintu yang akan diuji terdiri dari kondisi bukaan pintu sorong yang di ubah-ubah tinggi bukaannya sebanyak 5 kali dengan debit aliran tetap, percobaan ini di lakukan sebanyak 5 kali.

1. Pintu sorong dan flume dikalibrasikan dahulu pada titik nol terhadap dasar saluran
2. Jika menggunakan alat pengukur kedalaman selain penggaris (mistar), alat tersebut perlu dikalibrasikan terlebih dahulu. Jika menggunakan penggaris, gunakan penggaris yang sama untuk setiap percobaan.

3. Tunggu aliran hingga stabil
 4. Alirkan air dengan debit tertentu yang memungkinkan terjadinya jenis aliran yang diinginkan.
 5. Atur kedudukan pintu sorong. Tentukan kira-kira pada interval berapa profil air loncat masih cukup baik.
 6. Setelah aliran stabil, ukur dan catat Y_o , Y_g , Y_1 , Y_2 , X_1 , X_2 , L_1 dan L_2 dimana :
 - Y_o = tinggi muka air di hulu pintu sorong
 - Y_g = tinggi bukaan pintu sorong terhadap dasar saluran
 - X_1 = tinggi muka air terendah di hilir pintu sorong
 - X_2 = tinggi muka air tertinggi di hilir pintu sorong
 - Y_1 = tinggi muka air tepat sebelum air loncat
 - Y_2 = tinggi muka air tepat setelah air loncat
 - L_1 = kedudukan horizontal titik Y_a dari titik nol saluran
 - L_2 = kedudukan horizontal titik Y_b dari titik nol saluran
- b. Percobaan dengan Bukaan Pintu (Y_g) Tetap
- Pada percobaan yang ke dua ini setiap percobaan dilakukan dengan mengubah debit aliran sebanyak 5 kali dan Tinggi bukaan Pintu Tetap. Prosedurnya adalah sebagai berikut:
1. Tentukan dan catat kedudukan pintu sorong terhadap dasar saluran .
 2. Tunggu aliran hingga stabil
 3. Alirkan air dengan debit minimum yang memungkinkan terjadinya aliran yang diinginkan.
 4. Setelah aliran stabil, ukur dan catat Y_o , Y_g , Y_1 , Y_2 , X_1 , X_2 , L_1 dan L_2 pada formulir pengamatan
 5. Percobaan dilakukan 5 kali dengan mengubah debit aliran

Analisis Data

Dalam menganalisis data, diperlukan sejumlah persamaan sebagai berikut:

- a. Menghitung koefisien debit pada pintu (persamaan 2.16)
- b. Menghitung debit melalui pintu (persamaan 2.15)
- c. Menghitung bilangan Froude (persamaan 2.5)
- d. Menghitung Panjang loncatan air (persamaan 2.10)
- e. Menghitung Energi spesifik (persamaan 2.18)

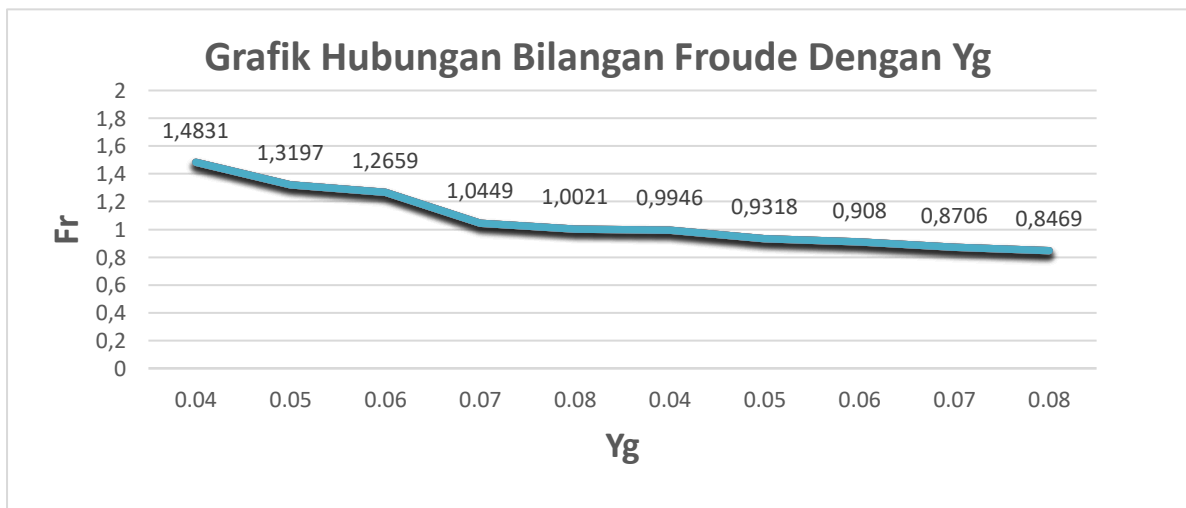
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan

1. Perhitungan Kalibrasi Cd
2. Perhitungan Kalibrasi Debit (Q)
3. Perhitungan Nilai Fr
4. Menghitung Panjang Loncatan Air (Lj)
5. Menghitung Energi Spesifik
6. Menghitung Kehilangan Energi
7. Grafik Hubungan Bilangan Froude (Fr) Dengan Tinggi Bukaank Pintu (Yg)

Tabel 4.21 Grafik Hubungan Fr Dengan Yg untuk Yg Berubah

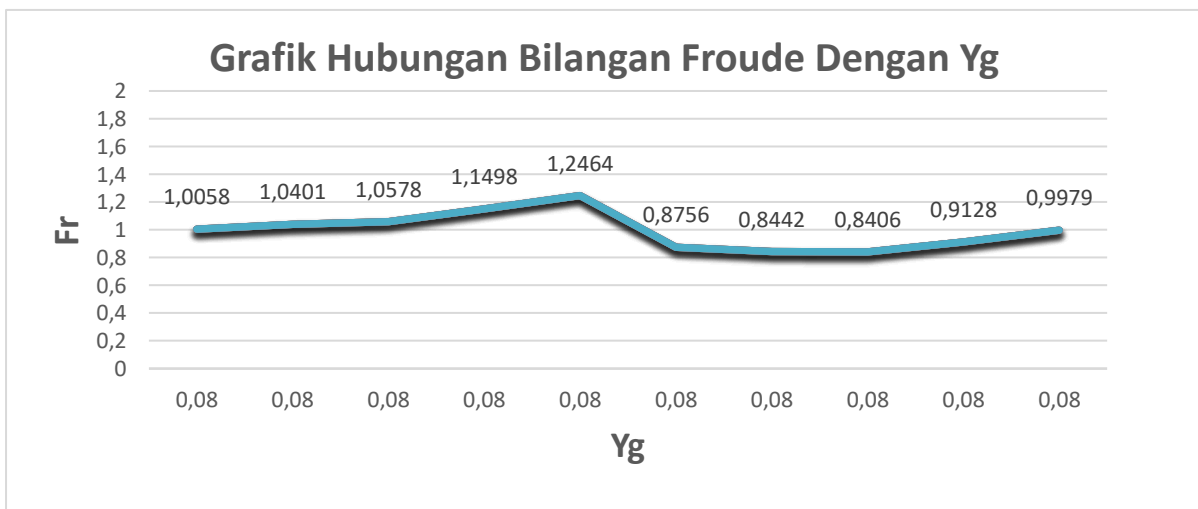
No	Yg	V	Y	Fr	Keterangan
1	0.04	0.642	0.0191	1.4831	Super Kritis
2	0.05	0.643	0.0242	1.3197	Super Kritis
3	0.06	0.643	0.0263	1.2659	Super Kritis
4	0.07	0.643	0.0386	1.0449	Super Kritis
5	0.08	0.644	0.0421	1.0021	Super Kritis
6	0.04	0.646	0.043	0.9946	Sub Kritis
7	0.05	0.646	0.049	0.9318	Sub Kritis
8	0.06	0.646	0.0516	0.9080	Sub Kritis
9	0.07	0.647	0.0563	0.8706	Sub Kritis
10	0.08	0.647	0.0595	0.8469	Sub Kritis



Grafik 4.1 Hubungan Bilangan Froude (Fr) Dengan Tinggi Bukaank Pintu (Yg)

Tabel 4.22 Grafik Hubungan Fr Dengan Yg untuk Yg Tetap

No	Yg	V	Y	Fr	Keterangan
1	0.08	0.672	0.0455	1.0058	Super Kritis
2	0.08	0.688	0.0446	1.0401	Super Kritis
3	0.08	0.695	0.0440	1.0578	Super Kritis
4	0.08	0.752	0.0436	1.1498	Super Kritis
5	0.08	0.801	0.0421	1.2464	Super Kritis
6	0.08	0.623	0.0516	0.8756	Sub Kritis
7	0.08	0.645	0.0595	0.8442	Sub Kritis
8	0.08	0.664	0.0636	0.8406	Sub Kritis
9	0.08	0.74	0.067	0.9128	Sub Kritis
10	0.08	0.815	0.068	0.9979	Sub Kritis

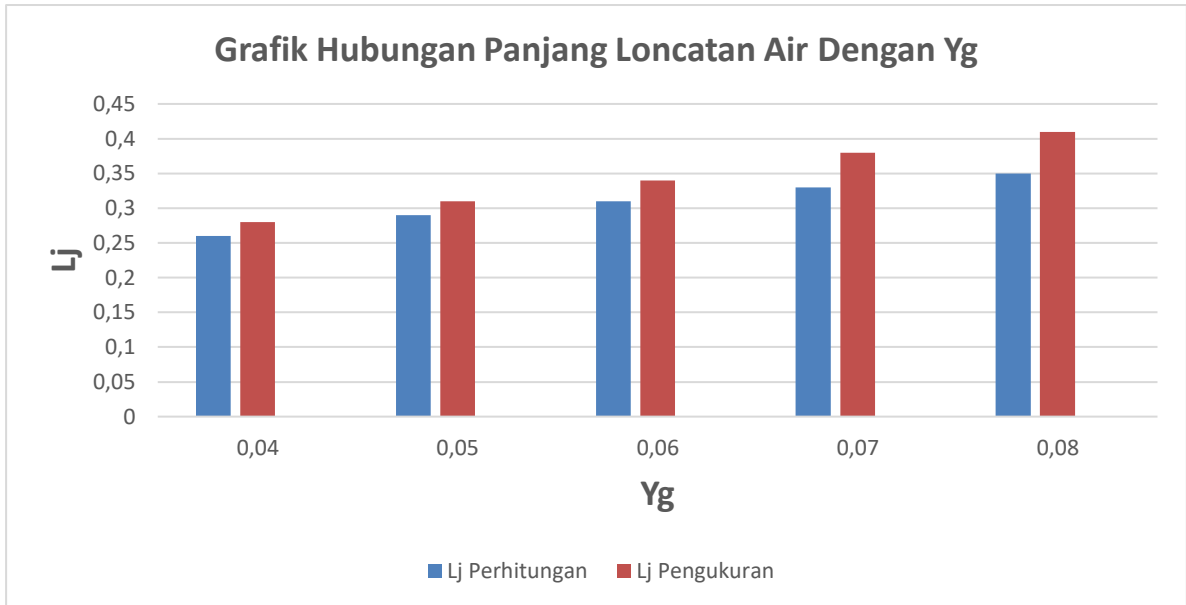


Grafik 4.2 Hubungan Bilangan Froude (Fr) Dengan Tinggi Bukaam Pintu (Yg)

8. Grafik Hubungan Panjang Loncatan Air (Lj) Dengan Tinggi Bukaam Pintu (Yg)

Tabel 4.23 Grafik Hubungan Lj Dengan Yg untuk Yg Berubah

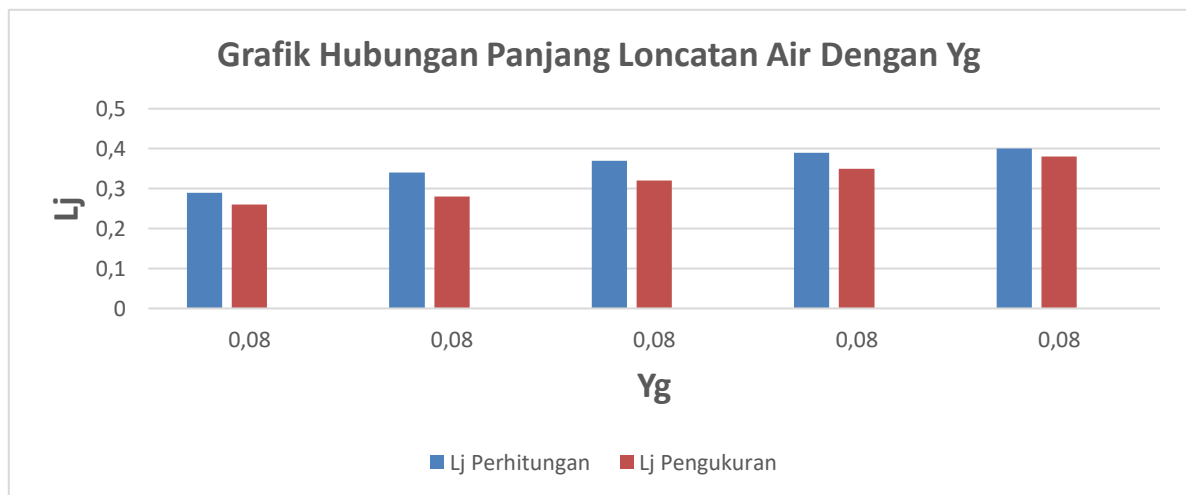
No	yg (m)	y2 (m)	y1 (m)	A	Lj (m)	Lukur (m)
1	0.04	0.043	0.019	6.5	0.26	0.28
2	0.05	0.049	0.024	6.5	0.29	0.31
3	0.06	0.052	0.026	6.5	0.31	0.34
4	0.07	0.056	0.039	6.5	0.33	0.38
5	0.08	0.060	0.042	6.5	0.35	0.41



Grafik 4.3 Hubungan Panjang Loncatan Air (Lj) Dengan Tinggi Bukaannya (Yg)

Tabel 4.24 Grafik Hubungan Lj Dengan Yg untuk Yg Tetap

No	yg (m)	y2 (m)	y1 (m)	A	Lj (m)	Lukur (m)
1	0.08	0.051	0.045	5.1	0.29	0.26
2	0.08	0.059	0.044	5.1	0.34	0.28
3	0.08	0.063	0.044	5.1	0.37	0.32
4	0.08	0.067	0.043	5.1	0.39	0.35
5	0.08	0.068	0.042	5.1	0.40	0.38

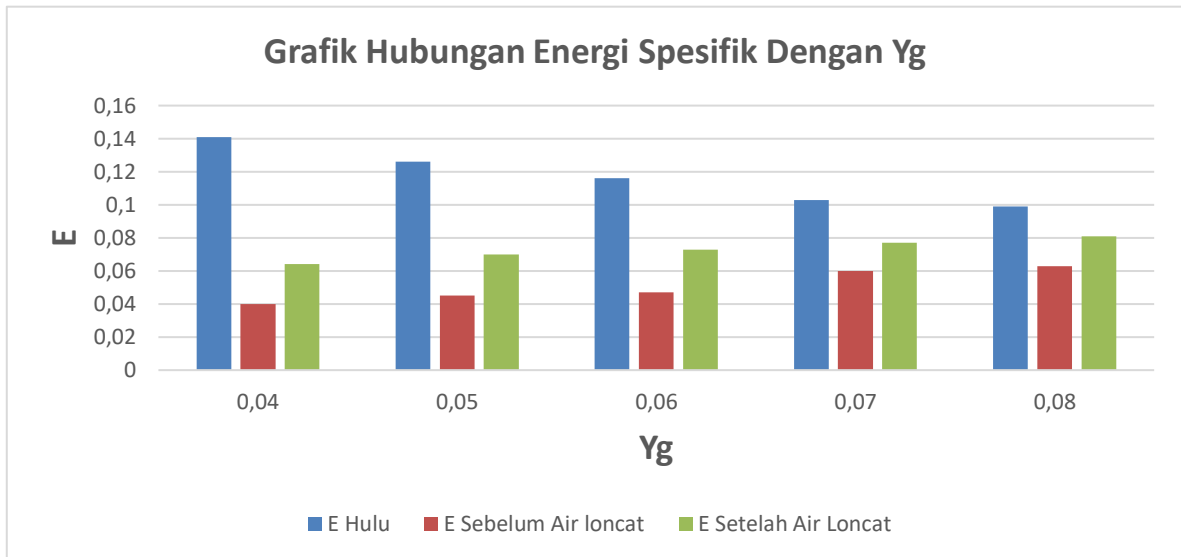


Grafik 4.4 Hubungan Panjang Loncatan Air (Lj) Dengan Tinggi Bukaannya (Yg)

9. Grafik Hubungan Energi Spesifik (E) Dengan Tinggi Bukaank Pintu (Yg)

Tabel 4.25 Grafik Hubungan E Dengan Yg untuk Yg Berubah

No	yg (m)	y1 (m)	Y2 (m)	V	g	E	E1	E2
1	0.04	0.019	0.043	0.640	9.81	0.141	0.040	0.064
2	0.05	0.024	0.049	0.642	9.81	0.126	0.045	0.070
3	0.06	0.026	0.052	0.643	9.81	0.116	0.047	0.073
4	0.07	0.039	0.056	0.644	9.81	0.103	0.060	0.077
5	0.08	0.042	0.060	0.645	9.81	0.099	0.063	0.081



Pembahasan

a. Analisa Grafik Dan Pembahasan

1. Grafik Hubungan Energi Spesifik Dengan Tinggi Bukaank Pintu

Parameter yang diamati berkaitan dengan karakteristik loncatan air adalah kedalaman aliran sebelum loncatan, kedalaman aliran setelah loncatan dan kecepatan aliran. Dengan parameter tersebut dapat dihitung energi spesifik, kehilangan energi sehingga dapat diketahui kemampuan loncatan air dalam meredam energi. Berdasarkan Table 4.25 diatas, tinggi bukaan pintu air 0.04 m dibagian hulu didapatkan hasil energi spesifik 0.141 m, sebelum terjadi loncatan air energi spesifik menjadi 0.040 m dan setelah terjadi loncatan menjadi 0.064 m.

Sedangkan pada tinggi bukaan pintu air 0.05 m di bagian hulu didapatkan hasil energi spesifik 0.126 m, sebelum loncatan terjadi 0.045 m dan setelah loncatan menjadi 0.070 m, pada tinggi bukaan pintu air 0.06 m di bagian hulu didapatkan hasil energi spesifik 0.116 m sebelum loncatan 0.047 m dan setelah terjadi loncatan 0.073 m. kemudian pada tinggi bukaan pintu air 0.07 m di bagian hulu didapatkan

hasil energi spesifik 0.103 m sebelum loncatan 0.060 m dan setelah terjadi loncatan 0.077 m, dan pada tinggi bukaan pintu air 0.08 m di bagian hulu didapatkan hasil energi spesifik 0.099 m sebelum loncatan 0.063 m dan setelah terjadi loncatan 0.081 m. Berdasarkan hasil perhitungan energi spesifik, bahwa pada bagian hulu energi spesifik yang di hasilkan semakin kecil. Sedangkan sebelum terjadi loncatan dan setelah terjadi loncatan air, energi spesifik yang dihasilkan semakin besar. Peningkatan energi spesifik pada setiap bukaan pintu air, di pengaruhi oleh pengurangan kecepatan dan peningkatan kedalaman aliran pada saluran.

Terdapat dua aliran yang terjadi pada saluran terbuka melalui bawah pintu air yakni aliran sub kritis dan super kritis. Aliran sub kritis ditandai dengan kedalaman besar, kecepatan kecil dan bilangan Froude kecil. Sementara aliran dengan kedalaman kecil, kecepatan besar dan bilangan Froude besar disebut aliran super kritis. Selain itu, variasi tinggi bukaan pintu air berpengaruh terhadap kehilangan energi yang di timbulkan pada saluran terbuka. Hasil perhitungan kehilangan energi pada saat terjadinya loncatan hidrolik yakni semakin besar tinggi bukaan pintu air, maka kehilangan energi yang terjadi semakin besar. Perubahan aliran yang terjadi berawal dari hulu dengan aliran subkritis. Kemudian setelah melewati pintu air aliran bawah, aliran air menjadi aliran superkritis. Karena dibagian hilir terjadi loncatan, aliran air sangat dalam sehingga alirannya sub kritis. Perubahan aliran inilah yang menyebabkan terjadinya loncatan air. Di daerah loncatan air, energi aliran sangat besar sehingga energi dari aliran super kritis banyak yang hilang. hal ini sesuai dengan Triatmodjo (1993) Pada loncatan air terjadi olakan air yang sangat besar, yang disertai dengan berkurangnya energi aliran. Setelah loncatan air, air menjadi tenang dengan kedalaman besar dan kecepatan kecil.

2. Grafik Hubungan Panjang Loncatan Air Dengan Tinggi Bukaan Pintu

Panjang loncatan air di gunakan untuk menentukan panjang perlindungan saluran di mana loncatan air terjadi. Dengan membandingkan hasil pengukuran panjang loncatan air dengan hasil perhitungan, pada setiap variasi tinggi bukaan pintu air dengan 5 kali pengulangan didapatkan hasil yang berbeda-beda. Dengan menggunakan perhitungan (teoritis), pada tinggi bukaan pintu air 0.04 m rata-rata panjang loncatan air 0.26 m, pada tinggi bukaan pintu air 0.05 m didapatkan rata-rata hasil panjang loncatan 0.29 m, pada tinggi bukaan pintu air 0.06 m didapatkan panjang loncatan 0.31 m. pada tinggi bukaan pintu air 0.07 m didapatkan panjang loncatan 0.33 m. sedangkan tinggi bukaan pintu air 0.08 m didapatkan panjang loncatan 0.35 m. Sementara dengan pengukuran (di lapangan), dengan variasi

tinggi bukaan pintu air 0.04 m, 0.05 m, 0.06 m, 0.07 dan 0.08 m didapatkan hasil rata-rata panjang loncatan air berturut-turut yakni 0.28 m, 0.31 m, 0.34 m, 0.38, dan 0.41. Terjadinya perubahan panjang loncatan pada setiap variasi tinggi bukaan pintu air. Selain dipengaruhi oleh kedalaman air sebelum dan sesudah terjadinya loncatan, juga dipengaruhi oleh tinggi bukaan pintu.

b. Koefisien Debit (C_d)

Koefisien debit (C_d) merupakan angka tak berdimensi sebagai koreksi dari hasil formulasi matematika debit aliran yang mengalir pada bangunan air terhadap hasil pengukuran debit aliran. Koefisien debit dihitung berdasarkan hasil penelitian Rajaratman dan besarnya C_d hasil hitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2

c. Koefisien Debit (C_d)

Debit merupakan Jumlah air yang mengalir melewati suatu penampang dalam saluran per satuan waktu, Dari tabel 4.3 dan 4.4 diperoleh nilai debit pada saat air keluar melalui pintu sorong, dengan bukaan tertentu yaitu 0.04 m, 0.05 m, 0.06 m, 0.07 m dan 0.08 m untuk debit berubah dan 0.08 m untuk debit tetap.

d. Karakteristik Aliran

Dari tabel 4.5 sampai 4.8 diperoleh nilai bilangan froude yang cukup bervariasi, untuk menentukan karakteristik aliran yaitu bila $Fr < 1$ maka aliran sub kritis, $Fr = 1$ aliran kritis dan $Fr > 1$ aliran superkritis, setelah melewati pintu kecepatan pada luas penampang yang sama dan ketinggian air sangat mempengaruhi karakteristik aliran tersebut dimana pada sebelum air loncat aliran merupakan aliran superkritis dan setelah melewati air loncat merupakan aliran subkritis, ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan karakteristik aliran. Faktor kecepatan, penampang pintu, dan tinggi bukaan mempengaruhi karakteristik aliran.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut; 1). Pada variasi tinggi bukaan pintu air menghasilkan berbagai bentuk perubahan aliran, baik di bagian hulu maupun di hilir di antaranya perubahan kedalaman, kecepatan, debit, panjang loncatan air, bilangan Froude serta energi spesifik dari aliran. 1). Tinggi Bukaan Pintu sorong juga mempengaruhi karakteristik aliran, Semakin tinggi bukaan pintu air, kedalaman, debit dan energi spesifik yang dihasilkan pada bagian hulu semakin menurun. Sedangkan pada bagian hilir baik sebelum dan sesudah loncatan semakin meningkat. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diperoleh saran sebagai berikut:

Penelitian tentang energi spesifik dan panjang loncat air ini perlu lebih dikembangkan lagi dengan menambahkan variasi debit agar kedalaman optimal dapat diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. M., Musa, R., & Mallombasi, A. (2021). Kajian Penanggulangan Banjir dengan Menggunakan Kolam Retensi (Studi Kasus Sungai Lamasi Kabupaten Luwu). *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 6(1), 18–25.
<https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtasm/article/view/275/168>
- Amran, Y., Sugiarto, S., & Surandono, A. (2022). Analisis Stabilitas Tanah Berbutir Halus Berplastisitas Tinggi Menggunakan Difa Soil Stabilizer Untuk Mencegah Penurunan Massa Tanah. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 11(2), 135.
<https://doi.org/10.24127/tp.v11i2.2025>
- Arnur, I., Prayoga, M. I., Musa, R., Haris, M., & Masud, S. A. R. (2023). Studi Kinerja Jaringan Pipa Air Bersih Menggunakan Epanet 2.0 di Kecamatan Biringkanaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 5(1), 13–22.
<https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/JILMATEKS/article/view/606/418>
- Ashad, H. (2020). Kajian Pengaliran Banjir Sungai Terhadap Koefisien Kekasaran Manning Pada Sungai Larompong Kabupaten Luwu Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 5(2), 112–116.
<https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtasm/article/view/85/62>
- Ashad, H., & Hadi, A. K. (2021). Kajian Kebutuhan Debit Air pada Daerah Irigasi Bila Kabupaten Sidenreng Rappang. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 6(2), 141–150.
<https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtasm/article/view/339/216>
- Bambang Triadmodjo, (2008), *Hidraulika II*, Edisi kedelapan, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- Jhonson A. Harianja, Stefanus Gunawan (2007). Tinjauan energi spesifik akibat penyempitan pada saluran terbuka, *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 1/th XII*.
- Djumali, S., Musa, R., & Ashad, H. (2022). Evaluasi Skematik Alokasi Air Daerah Aliran Sungai Jeneberang. *Jurnal Konstruksi: Teknik, Infrastruktur Dan Sains*, 1(6), 42–54. <http://pasca-umi.ac.id/index.php/kons/article/view/1110/1259>
- Muliadi, R. M. (2020). Kajian Kebutuhan Air Baku Dengan Memanfaatkan Sumber Daya Air Di Kecamatan Ampana Tete Kabupaten Tojo Una–Una Propinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 96–105.
<http://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtasm/article/view/81>
- Musa, R., & Amin, A. (2019). Tinjauan Jaringan Distribusi Air Bersih pada Perumahan BTP Makassar dengan Menggunakan Software Epanet. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 4(1), 81–91.
<https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtasm/article/view/364/239>
- Putrowijoyo. (2006). Kajian Laboratorium Sifat Marshall Dan Durabilitas Asphalt Concrete - Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai Filler. *Construction and Building Materials*, 6(March), 116–123.

http://eprints.undip.ac.id/15809/1/Rian_Putrowijoyo.pdf

Syarif, S., Modding, B., & Alam, S. (2019). Analisis Kinerja Keuangan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Sidenreng Rappang dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya. *El-Iqtishod: Jurnal Ekonomi Syariah*, 3(1), 46–55. <http://journal.parahikma.ac.id/el-iqtishod/article/view/61/43>