

Analisis Eksperimental Pengaruh Geometri Peluap Ambang Lebar terhadap Koefisien Debit pada Saluran Terbuka

Oggi Heicqal Ardian*¹, Anggi Hermawan²

^{1,2}Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia
Email: ¹oggiheicqal@itny.ac.id, ²anggi@itny.ac.id

Abstrak

Ketersediaan air irigasi yang terbatas sering kali disebabkan oleh pendistribusian air yang tidak efisien, salah satunya akibat pengukuran debit yang tidak akurat. Bangunan peluap ambang lebar berperan penting dalam pengukuran debit aliran di saluran irigasi. Alat ukur debit jenis peluap ambang lebar merupakan salah satu bangunan pengukuran debit aliran yang banyak digunakan dalam saluran irigasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi bentuk peluap ambang lebar terhadap nilai koefisien debit, sehingga dapat memberikan desain bangunan ukur debit yang lebih optimal. Dalam penelitian ini, dilakukan eksperimen laboratorium dengan menggunakan model fisik peluap ambang lebar dengan beberapa variasi bentuk, meliputi variasi sudut mercu peluap dan variasi panjang jari-jari mercu peluap ambang lebar. Setiap model diuji dengan ketinggian aliran yang bervariasi untuk mengetahui hubungan antara variasi bentuk peluap dengan koefisien debit yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi bentuk peluap ambang lebar berpengaruh nyata terhadap koefisien debit. Peluap ambang lebar dengan sudut 30° menghasilkan koefisien debit tertinggi dibandingkan dengan sudut 60° dan 90°. Selain itu, peluap ambang lebar dengan variasi jari-jari mercu 10 cm menghasilkan koefisien debit tertinggi jika dibandingkan dengan jari-jari 5 cm dan 7,5 cm. Berdasarkan temuan ini, Peluap ambang lebar dengan kemiringan di bagian hulu 30° merupakan variasi bentuk yang paling efektif untuk pengukuran debit di saluran terbuka, sehingga dapat mendukung pengelolaan air irigasi dan berdampak pada produktivitas pertanian yang lebih baik dengan memberikan kontribusi pada desain alat ukur debit yang lebih efisien dan akurat untuk sistem irigasi berkelanjutan.

Kata Kunci: *Bangunan Ukur Debit, Irigasi, Koefisien Debit, Peluap Ambang Lebar*

Abstract

Inaccurate discharge measurements are a major cause of inefficient water distribution, which often leads to limited availability of irrigation water. Broad-crested weirs play a crucial role in measuring flow rates in irrigation channels. This type of measuring device is widely used for its effectiveness in open-channel flow measurement. This study aims to analyze how variations in the geometry of broad-crested weirs affect the discharge coefficient (Cd), with the goal of providing a more optimal design for these measuring structures. In this research, a laboratory experiment was conducted using physical models of broad-crested weirs with several geometric variations, including different upstream weir slopes and rounded upstream corners (radii). Each model was tested under various flow heights to determine the relationship between the weir's shape and the resulting discharge coefficient. The findings indicate that variations in the broad-crested weir's geometry significantly influence the discharge coefficient. The weir with a 30° upstream slope produced the highest discharge coefficient compared to weirs with 60° and 90° slopes. Additionally, the weir with a 10 cm rounded corner radius yielded the highest discharge coefficient when compared to radii of 5 cm and 7.5 cm. Based on these results, a broad-crested weir with a 30° upstream slope is the most effective design for measuring discharge in open channels. This research contributes to more efficient and accurate designs for sustainable irrigation systems, which can lead to better irrigation water management and improved agricultural productivity.

Keywords: *Broad-Crested Weir, Discharge Measurement Structure, Discharge Coefficient, Irrigation*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya populasi penduduk, kebutuhan pangan juga turut meningkat. Pangan merupakan kebutuhan pokok manusia, sehingga ketersediaan dan distribusinya harus selalu terjamin.

Salah satu upaya menjaga ketersediaan pangan adalah dengan mengoptimalkan kualitas hasil panen. Untuk mencapai hasil panen yang optimal, ketersediaan air sangat diperlukan bagi pertumbuhan tanaman, khususnya di lahan persawahan. Dalam hal ini, bangunan ukur debit berfungsi sebagai komponen penting untuk mengatur dan mengukur aliran air secara presisi, sehingga efisiensi penggunaan air dapat tercapai (Triatmodjo, 1996).

Sistem irigasi berperan penting dalam peningkatan kualitas hasil panen. Melalui sistem irigasi yang baik, air dapat terdistribusi secara merata ke seluruh area persawahan. Dalam sistem irigasi, bangunan air seperti bangunan ukur debit sangat diperlukan untuk menunjang distribusi air. Karena Pengukuran debit aliran merupakan aspek penting dalam manajemen dan perencanaan sistem hidrolika serta irigasi. Salah satu alat ukur yang sering digunakan adalah peluap ambang lebar (*broad crested weir*), karena kestabilan aliran dan kemudahannya dalam berbagai kondisi debit (Sargison and Percy, 2010)

Dengan mengetahui debit, penggunaan air dapat diatur secara efisien, memastikan setiap persawahan menerima air sesuai kebutuhannya. Pemberian air yang berlebihan akan mengurangi efisiensi dan membuang sumber daya, sementara kekurangan air dapat menghambat pertumbuhan tanaman secara optimal. Oleh karena itu, pemilihan tipe dan karakteristik bangunan air sangat penting dalam perancangannya.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa faktor geometri seperti sudut kemiringan muka depan (*upstream slope*), radius sudut ambang (*rounded upstream corner*), dan panjang ambang (*crest length*) memiliki efek signifikan pada nilai Cd dan efisiensi hidrolis. Sargison dan Percy (2009) menekankan bahwa bentuk sudut ambang sangat mempengaruhi pola aliran dan nilai Cd, Radius bulat *upstream* (*slope* yang lebih besar) meningkatkan Cd secara signifikan dibanding sudut tajam. Studi numeris lain menunjukkan bahwa menurunkan sudut muka depan (misalnya dari 60° ke 15°) secara signifikan meningkatkan Cd karena mengurangi separasi aliran dan energi yang hilang (Jiang et al, 2018).

Efektivitas peluap ambang lebar dalam mengukur debit sangat bergantung pada nilai koefisien debit (Cd), yang merupakan parameter penting dalam menentukan keakuratan perhitungan debit aliran. Nilai Cd tidak bersifat tetap dan sangat dipengaruhi oleh bentuk geometri dari bangunan peluap, seperti panjang ambang, bentuk muka depan, dan radius sudut lengkung pada sisi hulu (Fritz & Hager, 1998).

Penelitian terdahulu telah mengkaji efek sudut muka depan (*upstream slope*), panjang crest, bentuk ambang (trapesium, melengkung, dll.), serta radius sudut terhadap nilai Cd. Misalnya, Fritz & Hager (1998) menemukan bahwa penambahan slope (1V:2H) dapat menurunkan separasi aliran dan meningkatkan nilai Cd. Goodarzi et al. (2012) juga menegaskan bahwa pengurangan kemiringan muka depan dapat menaikkan Cd dan meminimalkan zona pemisahan aliran.

Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu hanya fokus pada satu variabel geometri dalam satu waktu. Kajian mengenai pengaruh antara sudut muka depan dan radius lengkung terhadap nilai Cd masih sangat terbatas, padahal dua parameter ini berpotensi menghasilkan desain yang lebih optimal dari segi efisiensi aliran dan akurasi pengukuran. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengevaluasi secara komprehensif pengaruh variasi sudut muka depan dan radius lengkung dalam keadaan yang sama terhadap nilai koefisien debit.

Menganalisis karakteristik aliran hidrolis pada bangunan air, khususnya peluap, seringkali sulit dilakukan secara analitis dan membutuhkan biaya serta waktu yang besar jika dilakukan pengamatan langsung di lapangan (Triatmodjo B, 1996). Oleh karena itu, metode eksperimen di laboratorium menjadi alternatif yang efektif.

Berdasarkan uraian tersebut, Evaluasi dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan *flume* (saluran buatan) sebagai representasi kondisi nyata. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi geometri peluap ambang lebar, khususnya sudut muka depan dan radius lengkung dengan berbagai variasi, terhadap nilai koefisien debit, guna mendapatkan desain optimal bangunan ukur debit di saluran terbuka. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perancangan bangunan ukur debit yang lebih efisien, akurat, dan berkelanjutan dalam sistem irigasi modern.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium pada saluran buatan (*flume*). Pendekatan ini dipilih untuk menguji model bangunan ukur debit (peluap ambang lebar) dengan berbagai variasi bentuk dalam kondisi terkontrol, sehingga variabel-variabel dapat dimanipulasi dan diamati dengan akurat.

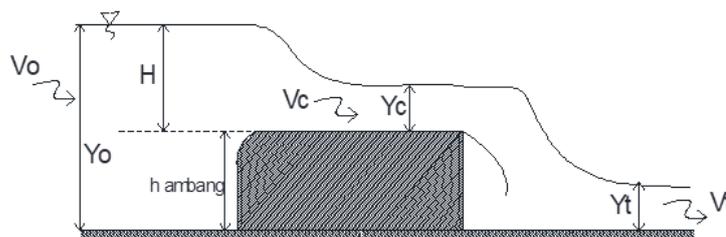
2.2. Pengumpulan Data

2.2.1. Alat dan Bahan Penelitian

- Model Fisik Peluap Ambang Lebar:
Model peluap ambang lebar dengan variasi sudut (30° , 60° , 90°) dan jari-jari (5cm, 7,5cm, 10cm) dibuat dari kayu dengan skala model menyesuaikan lebar flume.
- Saluran Uji (Flume):
Saluran uji hidrolika (flume) yang tersedia di laboratorium, lengkap dengan sistem sirkulasi air (pompa, tandon air, dan pipa), akan digunakan sebagai tempat simulasi aliran.
- Peralatan Pengukuran:
Alat pengukur tinggi muka air (*point gauge*), untuk mengukur tinggi muka air di hulu, atas dan hilir peluap.
 - Penggaris/Mistar ukur, untuk mengukur dimensi fisik model dan saluran.
 - Stopwatch, digunakan untuk pengukuran waktu saat perhitungan volume aliran.
 - Kamera, digunakan untuk pengambilan gambar pola aliran.
 - Komputer, digunakan untuk mencatat data hasil *running* aliran dan perhitungan data.

2.2.2. Prosedur Penelitian

Data-data yang diperlukan untuk analisis data pada penelitian ini: interval volume tertampung, catatan waktu tiap interval volume air tertampung, ketinggian muka air hulu (Y_0), ketinggian muka air atas peluap (Y_c) dan ketinggian muka air di hilir (Y_t). Keterangan notasi data yang diperlukan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Keterangan Notasi Data pada Aliran

- Persiapan Model dan Saluran Uji:
 - Model peluap ambang lebar dipasang dengan presisi di dalam saluran uji hidrolika.
 - Pastikan model terpasang kokoh, dan pastikan tidak ada kebocoran pada bagian samping dan bawah model (dapat ditambahkan plastisin untuk mencegah kebocoran),
 - Sistem sirkulasi air dihidupkan dan dipastikan berfungsi dengan baik, tunggu sampai pengalirannya stabil, hal ini ditandai dengan ketinggian aliran yang sudah konstan.
- Pengambilan Data Eksperimen:
 - Air dialirkan ke dalam saluran uji (flume)
 - Tinggi aliran (Y_0) diatur pada nilai tertentu yang telah ditentukan (15cm, 17cm, dan 19cm).
 - Setelah kondisi aliran stabil, ukur tinggi muka air di hulu peluap (Y_0), diatas peluap (Y_c) dan di hilir peluap (Y_t) menggunakan alat pengukur muka air (*point gauge*).

- 4) Catat waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan 10 liter air, pengukuran ini diulangi sebanyak sepuluh kali pengukuran agar hasil akurat.
- 5) Ulangi langkah di atas untuk setiap variasi tinggi aliran.
- 6) Ulangi seluruh prosedur untuk setiap variasi bentuk ambang yang berbeda.

c. Pencatatan Data:

Semua data yang terkumpul (debit aktual, waktu pengisian, tinggi muka air hulu, tinggi air diatas peluap, tinggi air hilir) dicatat secara sistematis dalam komputer atau lembar kerja pengumpul data. Perhatikan karakteristik aliran dan ambil gambar disaat setiap perubahan variasi bentuk peluap ambang lebar.

d. Batasan Penelitian

- 1) Pengujian dilakukan di Laboratorium, dengan menggunakan Flume sebagai saluran buatan.
- 2) Bangunan ukur debit yang akan diteliti adalah jenis peluap ambang lebar dengan berbagai variasi bentuk, yaitu variasi bentuk kemiringan bagian hulu peluap sebesar (30° , 60° , 90°) dan variasi panjang jari-jari mercu bagian hulu dan hilir peluap dengan panjang jari-jari 5cm, 7,5cm dan 10cm. Hanya mengkaji dengan kedalaman aliran (y_0) : 15 cm; 17 cm; dan 19 cm.
- 3) Peluapan yang terjadi di atas ambang adalah peluapan sempurna, tidak mengkaji peluapan tidak sempurna.
- 4) Aliran pada saluran diasumsikan aliran tetap. dan tidak mengkaji aliran bersedimen
- 5) Model peluap ambang lebar yang digunakan terbuat dari kayu.

2.3. Analisis Data

2.3.1. Perhitungan Koefisien Debit (Cd):

a. Data Debit Aktual (Q)

Perhitungan debit nyata pada percobaan peluap ambang lebar dihitung dengan Persamaan umum perhitungan debit aliran (Triatmodjo,1996) :

$$Q_{aktual} = \frac{\text{Volume air pengisian}}{\text{waktu pengisian}} \quad (1)$$

Perhitungan debit aktual dilakukan dengan variasi ketinggian muka air hulu peluap (H), dilakukan pengulangan sebanyak sepuluh kali agar perhitungan lebih akurat, kemudian dari sepuluh data perhitungan debit aktual dirata-rata \bar{Q} untuk mendapatkan nilai yang lebih representatif.

b. Perhitungan Debit Teoritis (Q_{th})

Perhitungan debit teoritis pada percobaan peluap ambang lebar dapat dihitung dengan persamaan (2) berikut ini (Triatmodjo,1996) :

$$Q_{th} = 1,71 b H^{3/2} \quad (2)$$

c. Perhitungan Koefisien Debit

Perhitungan Koefisien debit dihitung dengan membandingkan perhitungan debit secara aktual dengan perhitungan debit secara teoritis. Dapat dihitung dengan persamaan (3):

$$Cd = \frac{\bar{Q}}{Q_{th}} \quad (3)$$

Dimana:

- \bar{Q} : Debit aktual rata-rata (m^3/s)
- Q_{th} : Debit Teoritis (m^3/s)
- Cd : Koefisien debit
- b : Lebar ambang peluap (m)
- g : Percepatan gravitasi (m^2/s)
- H : Tinggi energi di atas ambang peluap (Y_0 -tinggi peluap) (m)

2.3.2. Analisis Pengaruh Variasi Bentuk Peluap Terhadap Nilai Koefisien Debit:

- Menganalisis hubungan antara tinggi muka air di hulu peluap (H) terhadap nilai koefisien debit (Cd) untuk berbagai kondisi.
- Menganalisis hubungan antara variasi sudut peluap terhadap nilai koefisien debit (Cd) untuk berbagai kondisi.
- Menganalisis hubungan antara variasi jari-jari peluap terhadap nilai koefisien debit (Cd) untuk berbagai kondisi.
- Menganalisis hubungan antara variasi panjang sisi atas peluap terhadap nilai koefisien debit (Cd) untuk berbagai kondisi.

2.3.3. Evaluasi Efisiensi:

- Membandingkan nilai koefisien debit yang diperoleh dari setiap variasi bentuk.
- Menganalisis potensi bentuk peluap yang lebih efisien berdasarkan nilai Cd yang diperoleh dan karakteristik aliran yang diamati.

2.3.4. Penyajian Data:

Hasil analisis akan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan narasi untuk memudahkan interpretasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Koefisien Debit (Cd) Hasil Penelitian

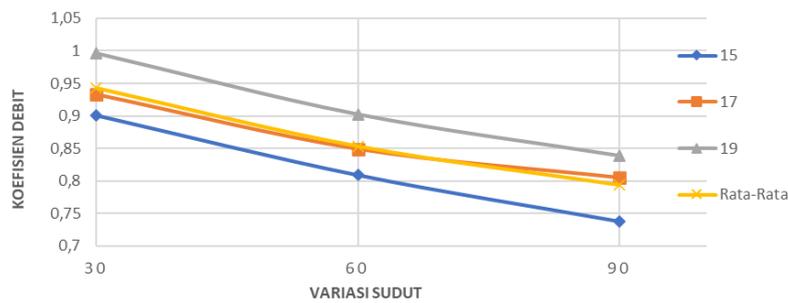
Hasil pengamatan uji model peluap variasi bentuk ambang lebar didapatkan data nilai koefisien debit (Cd) pada berbagai kondisi perlakuan. Pada setiap kondisi perlakuan terdapat beberapa variabel yang mempengaruhi nilai koefisien debit (Cd) tersebut. Variabel – variabel yang mempengaruhi antara lain adalah variasi jari – jari peluap (5cm, 7,5cm, 10cm), variasi kemiringan sudut di hulu peluap (30° , 60° , 90°) dan variasi ketinggian air di hulu peluap (15cm, 17cm, 19cm). kedalaman hulu pada penelitian ini adalah 15 cm, 17cm, dan 19 cm. Rekapitulasi hasil nilai koefisien debit pada semua model peluap ambang lebar pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Koefisien Debit

Kedalaman Hulu (cm)	Nilai Koefisien Debit					
	30°	60°	90°	5	7,5	10
15	0,900769	0,808874	0,737555	0,805583	0,806349	0,807333
17	0,932621	0,848845	0,804637	0,853061	0,855945	0,878236
19	0,996728	0,902675	0,838829	0,884751	0,886543	0,939663
Rata-rata	0,943372	0,853464	0,793673	0,847798	0,849612	0,875077

3.1.1. Hubungan Variasi Sudut dengan Nilai Koefisien Debit

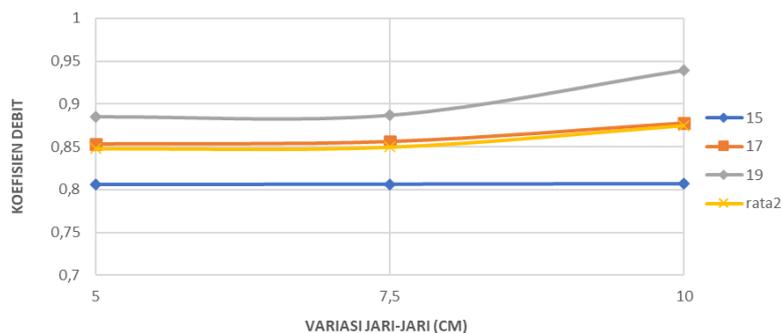
Berdasarkan hasil perolehan nilai koefisien debit dari percobaan tersebut, dapat terlihat bahwa variasi sudut depan peluap ambang lebar memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap perubahan nilai koefisien debit yang dihasilkan, semakin besar sudut pada bagian hulu peluap ambang lebar tersebut maka akan semakin kecil koefisien debit yang diperoleh. Hal ini menandakan dengan sudut yang semakin meningkat bangunan peluap ambang lebar menjadi tidak efisien karena akan menurunkan nilai koefisien debit yang terjadi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian dari Farhoudi et al. (2012), Penurunan sudut upstream dari 90° ke 10° menyebabkan peningkatan Cd dan pengurangan zona pemisahan aliran dan juga hasil penelitian dari Badr dan Mowla (2015), *Slope* yang lebih landai (misalnya 15°) meningkatkan efisiensi debit sampai ~19% dan menghilangkan zona balik arus (*recirculation*). Grafik hubungan variasi sudut peluap ambang lebar terhadap perubahan nilai koefisien debit ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Variasi Sudut dengan Nilai Koefisien Debit

3.1.2. Hubungan Variasi Jari-Jari dengan Nilai Koefisien Debit

Pengaruh perbedaan jari-jari pada bagian hulu dan hilir pada masing-masing peluap juga memberikan perbedaan pada besarnya nilai koefisien debit, semakin bertambahnya panjang jari-jari maka koefisien debit akan semakin bertambah tetapi nilai koefisien debit yang diperoleh tidak terlalu memberikan perbedaan yang signifikan. Hubungan pengaruh variasi jari-jari pada bagian mercu peluap ambang lebar dengan nilai koefisien debit yang dihasilkan dapat ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

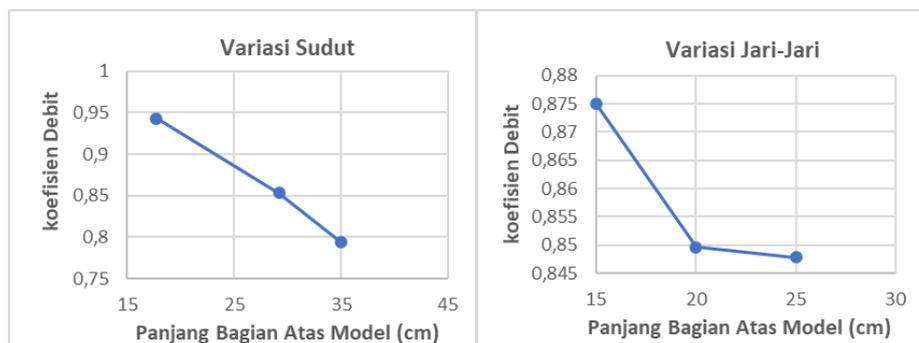


Gambar 3. Hubungan Variasi Jari-Jari dengan Nilai Koefisien Debit

3.1.3. Hubungan Pengaruh Panjang Atas Peluap Ambang Lebar Terhadap Nilai Koefisien Debit

Pengaruh variasi panjang pada bagian atas dari model peluap ambang lebar tersebut memberikan perbedaan terhadap nilai koefisien debit yang dihasilkan, yaitu semakin panjang bagian atas dari model bangunan ambang lebar tersebut maka nilai koefisien debit yang dihasilkan semakin kecil dan berlaku juga sebaliknya, semakin pendek bagian atas dari model bangunan ambang lebar tersebut maka nilai koefisien debit akan semakin besar. Hasil ini sejalan dengan penelitian dari Mahmoud & El-Sersawy, (2023) yaitu terdapat hubungan yang kuat antara rasio total head (H) terhadap panjang weir (L_w) dengan koefisien debit (C_d), hasil ini juga diperkuat dari hasil penelitian Suhudi dan Pandawa, (2022) yaitu penambahan panjang ambang memengaruhi profil aliran. Sargison et al. (2021), menyatakan Slope yang landai mengurangi separasi aliran dan meningkatkan C_d .

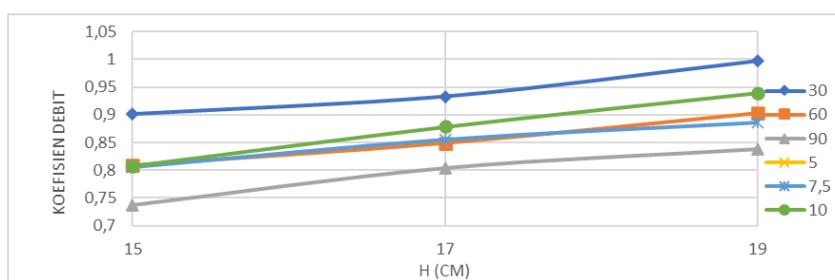
Hubungan pengaruh panjang bagian atas peluap ambang lebar terhadap nilai koefisien debit dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hubungan Pengaruh Panjang Atas Peluap Ambang Lebar Terhadap Nilai Koefisien Debit

3.1.4. Hubungan Tinggi Peluapan dengan Nilai Koefisien Debit

Pengaruh perbedaan nilai koefisien debit juga dapat terlihat pada perbedaan kedalaman air pada hulu peluap (Y_0), dari hasil penelitian yang dilakukan, pengaruh penambahan tinggi air di bagian hulu peluap akan mengakibatkan bertambahnya pula nilai koefisien debit pada semua variasi peluap ambang lebar yang diujikan tersebut, Dari grafik hubungan tinggi peluapan (H) terhadap nilai koefisien debit (C_d) tersebut, dapat terlihat bahwa pengaruh penambahan tinggi peluapan (H) berbanding lurus dengan besarnya nilai koefisien debit yang dihasilkan. Semakin besar tinggi peluapan yang terjadi maka semakin besar nilai koefisien debit yang diperoleh dan berlaku juga sebaliknya, semakin rendah tinggi peluapan yang terjadi maka nilai koefisien debit yang diperoleh akan semakin kecil. Hal ini berlaku untuk semua model tipe variasi bentuk peluap ambang lebar pada penelitian ini. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 berikut. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Imanian et al.,(2021), yang menyatakan bahwa *head ratio* (rasio antara tinggi peluapan dan panjang crest) meningkat (>0.3), maka garis aliran menjadi lebih laminar dan energi separasi berkurang akan menyebabkan C_d naik hingga mencapai nilai maksimum sekitar 1.0. Hamed (2023) menunjukkan bahwa koefisien debit (C_d) bendung ambang lebar berbanding lurus dengan tinggi muka air dan menurun seiring dengan meningkatnya kekasaran permukaan ambang. Tinggi peluapan juga dipengaruhi oleh adanya penyempitan dari saluran yang akan meningkatkan nilai koefisien debit, hal ini sejalan dengan hasil penelitian dari Baihaqi et al., (2024) menyatakan bahwa saluran dengan penyempitan (*narrowing*) mengalami kenaikan debit dan C_d yang signifikan dibandingkan tanpa penyempitan



Gambar 5. Hubungan Tinggi Peluapan dengan Nilai Koefisien Debit

Nilai rata-rata koefisien debit pada Tabel.1 yang didapat dari percobaan alat ukur ambang lebar dengan variasi bentuk kemiringan di bagian hulu peluap sebesar 30^0 adalah 0,94337, koefisien debit pada variasi 60^0 adalah 0,85346, dan koefisien debit pada variasi 90^0 adalah 0,79367. Kemudian, nilai koefisien debit yang didapat dari percobaan pengaruh variasi panjang jari-jari pada bagian hilir dan hulu peluap adalah, untuk jari-jari 5cm sebesar 0,84779, koefisien debit untuk jari-jari 7,5cm sebesar 0,84961, sedangkan koefisien debit untuk jari-jari 10cm adalah sebesar 0,87507, sehingga nilai koefisien debit yang terbesar ditunjukkan pada peluap dengan variasi sudut 30^0 yang nilainya sebesar 0,94337. Hal ini menunjukkan bahwa debit aktual hampir sama dengan debit teoritis.

3.2. Analisis Jenis Aliran Hasil Penelitian

Pengamatan jenis aliran dilakukan pada beberapa titik tinjau yaitu, aliran air sebelum melewati peluap (bagian hulu peluap), saat melewati peluap (bagian atas peluap), dan aliran air setelah melewati peluap (bagian hilir peluap). Setelah dilakukan perhitungan angka Froude, hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan aliran yang terjadi akibat peluap tersebut memiliki karakteristik jenis aliran yang berbeda-beda pada setiap titik yang ditinjau.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Angka Froude

Variasi Model	Yo	Yc	Yt
30 ^o	0,13	0,98	2,96
60 ^o	0,12	1,04	2,95
90 ^o	0,12	1,02	2,74
r=5cm	0,12	1,04	2,93
r=7,5cm	0,12	1,02	2,93
r=10cm	0,13	1,05	2,84

Bilangan Froude digunakan untuk mengklasifikasikan aliran menjadi tiga jenis, yaitu subkritis ($Fr < 1$), kritis ($Fr = 1$), dan superkritis ($Fr > 1$), (Suripin, et al.,2008). Klasifikasi ini sangat penting dalam perancangan struktur hidraulik seperti *hydraulic jump*, saluran terbuka, bendungan, dan bangunan ukur debit.

Berdasarkan dari hasil penelitian, aliran subkritis terjadi pada aliran di hulu ambang, hal ini dapat dilihat pada hasil perhitungan angka Froude yang menunjukkan hasil angka Froude tersebut lebih kecil dari satu ($Fr(yo) < 1$), Hal ini juga berlaku untuk setiap variasi bentuk ambang lebar yang lainnya. Pengaruh ketinggian air di hulu peluap akan berpengaruh pada naiknya nilai angka Froude pada bagian hulu, hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada saat aliran melalui ambang atau dapat dikatakan aliran di atas ambang, jenis aliran pada saat itu adalah aliran kritis, karena berdasarkan dari perhitungan angka Froude menunjukkan nilai dari angka Froude tersebut mendekati satu ($Fr(yo) \approx 1$).

Pada saat aliran setelah melalui ambang, jenis aliran yang terjadi adalah aliran super kritis hal ini dikarenakan nilai angka Froude pada aliran setelah melewati ambang tersebut memiliki nilai lebih besar dari satu ($Fr(yt) > 1$).

Aliran pada semua variasi bentuk dari peluap ambang lebar memiliki sifat-sifat kekritisian aliran yang sama pada setiap titik aliran yang ditinjau, yaitu aliran bersifat subkritis ketika berada sebelum melewati peluap, aliran bersifat kritis saat melewati peluap, dan aliran bersifat super kritis setelah melewati peluap.

4. KESIMPULAN

Variasi bentuk alat ukur debit paling efektif untuk aliran fluida di saluran terbuka adalah variasi bentuk kemiringan di bagian hulu peluap sebesar 30 derajat. Model ini memiliki koefisien debit (C_d) yang mendekati nilai satu, yang berarti perhitungan debit teoritisnya hampir sama dengan hasil debit aktual. Peluap dengan variasi ini juga lebih ekonomis karena ukurannya paling kecil dibandingkan variasi lain, Hal ini tentu akan menurunkan biaya pembangunan. Selain itu, bentuk depannya yang lebih landai jika dibandingkan dengan model yang lain akan memudahkan lewatnya sedimen, sehingga meminimalkan sedimentasi di bagian hulu. Sedimentasi bagian hulu perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi nilai koefisien debit peluap ambang lebar tersebut. Sedimentasi di hulu dapat menurunkan nilai koefisien debit, Dehghani, et al (2021).

Berdasarkan tinjauan Angka Froude, karakteristik aliran pada semua model menunjukkan sifat aliran yang sama pada setiap titik tinjauan aliran, kondisi aliran subkritis terjadi di area hulu, Kondisi aliran kritis di atas model, dan kondisi aliran superkritis di area hilir.

Kecepatan aliran di bagian hulu mengalami perlambatan, hal ini disebabkan karena adanya efek pembendungan, yang menyebabkan tinggi muka air di bagian hulu model meningkat. Hal ini bisa menyebabkan peningkatan tinggi aliran dan sedimentasi di bagian depan bangunan, sejalan dengan

penelitian yang dilakukan (Yang., et al, 2022) menemukan bahwa hambatan seperti leaky barrier menciptakan efek tanggungan air (*backwater*), meningkatkan elevasi muka air *upstream* dan menurunkan kecepatan aliran longitudinal, terutama di dekat dasar, sehingga perlu diperhitungkan adanya bangunan struktur lainnya untuk mencegah terjadinya luapan air dan sedimentasi. Sedangkan, kondisi aliran pada bagian hilir mengalami kondisi superkritis ini berbahaya karena dapat menyebabkan erosi dasar saluran. Chauhan., et al (2022), menyatakan bahwa saat aliran melewati bagian crest dari *drowned weir* (yang menyebabkan kondisi aliran superkritis), terjadi akselerasi aliran yang menyebabkan *scour* lokal (lokal gerusan) di hilir struktur. Oleh karena itu, strategi penanganan yang diperlukan adalah meredam energi aliran yaitu dengan pembuatan kolam olakan pada bagian hilir peluap, atau dengan menambahkan pemecah energi seperti penambahan balok-balok beton bagian hilir bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 8137:2015 – Pengukuran debit pada saluran terbuka menggunakan bangunan ukur tipe pelimpah atas. Badan Standardisasi Nasional.
- Badr, K., & Mowla, D. (2015). Development of rectangular broad-crested weirs for flow characteristics and discharge measurement. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(1), 225–231. <https://doi.org/10.1007/s12205-012-0433-z>
- Baihaqi, R., Herawati, H., & Soeryamassoeka, S. B. (2024). *Determination of discharge coefficient through laboratory testing using broad-crested weir*. Jurnal Teknik Sipil (JTS), 24(2), 1052–1058. <https://doi.org/10.26418/jts.v24i2.68560>
- Chauhan, R. K., Chaudhary, R., & Ahmad, Z. (2022). Scour downstream of a broad-crested drowned weir. In *Proceedings of the 9th International Symposium on Hydraulic Structures (ISHS 2022)*. Indian Institute of Technology Roorkee. <https://doi.org/10.26077/8226-d4fe>
- Dehghani, H., Varaki, M. M. E., & Fathollahzadeh, A. (2021). Experimental investigation of upstream sedimentation and downstream bed levels' effects on discharge coefficients of trapezoidal labyrinth weirs. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(18), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08339-x>
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2013). Kriteria perencanaan bangunan ukur debit pada jaringan irigasi. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Farhoudi, J., & Shokri, N. (2012). Flow characteristics of rectangular broad-crested weirs with sloped upstream face. *Flow Measurement and Instrumentation*, 25, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2012.04.007>
- Fritz, H. M., & Hager, W. H. (1998). Hydraulic model tests of broad-crested weirs. *Journal of Hydraulic Engineering*, 124(2), 180–185. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1998\)124:2\(180](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1998)124:2(180)
- Goodarzi, M., Soroush, M., & Nazari, M. (2012). The effect of upstream slope on discharge coefficient of broad-crested weirs. *World Applied Sciences Journal*, 17(8), 1002–1006.
- Hamed, M. A. (2023). An Experimental Study of Flow over Rectangular Broad Crested Weir. *Engineering Research Journal*, 46(1), 153–158. doi: <https://doi.org/10.21608/erjm.2022.166247.1217>
- Imanian, H., Mohammadian, A. M., & Hoshyar, P. (2021). Experimental and numerical study of flow over a broad-crested weir under different hydraulic head ratios. *Flow Measurement and Instrumentation*, 80, 102004. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2021.102004>
- Jiang, C., Zhang, D., Tang, H., & Liu, W. (2018). Numerical study of hydraulic characteristics of broad-crested weirs with different upstream slopes. *Water*, 10(12), 1802. <https://doi.org/10.3390/w10121802>
- Mahmoud, A. E., & El-Sersawy, A. M. (2023). An experimental study of flow over rectangular broad-crested weir. *Engineering Research Journal (ERJ)*, 170(January), 1–10. https://erjm.journals.ekb.eg/article_268500.html

- Sargison, J. E., & Percy, A. (2009). Flow characteristics of broad-crested weirs. *Journal of Hydraulic Research*, 47(6), 777–783. <https://doi.org/10.3826/jhr.2009.3220>
- Sargison, J. E., & Percy, A. (2010). Design of broad-crested weirs with rounded upstream corners to maximize discharge capacity. *Journal of Hydraulic Engineering*, 136(11), 940–943. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000267](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000267)
- Sargison, J. E., Percy, A., & Tullis, B. P. (2021). Effects of different configurations of sloping crests and upstream and downstream slopes on the discharge capacity of embankment-shaped weirs. *Journal of Hydrology*, 598, 126405. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126405>
- Suhudi dan Pandawa, A. (2022). Analisis Energi Spesifik pada Saluran Terbuka dengan Penambahan Variasi Panjang Ambang Lebar. *Jurnal Qua Teknika*, 12(1), 25–44. <https://doi.org/10.32700/qt.v12i1.1897>
- Suripin, et al. (2008). Buku Ajar Hidraulika.
- Triatmodjo, B. (1996). Hidraulika I. Beta Offset.
- Yang, L., Huai, W., & Yu, S.-L. (2022). Investigation of flow characteristics in open channel with leaky barriers. *Journal of Hydrology*, 613, 128328. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128328>