

Easy Ways to Overcome Floods With an Economical Weir Form (Cara Mudah Mengatasi Banjir Dengan Bentuk Bendung Ekonomis)

Rendy Kurnia Dewanta^{1*}, Fitry Rahmawaty², Evita Fitriani Hidiyati³

¹⁻³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Kediri, Indonesia

Email korespondensi: Rendy_kurnia@unik-kediri.ac.id¹

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Kata kunci :</p> <p>Banjir Bilangan Froude Bendung; Hidrolika Pintu Air</p>	<p>Peningkatan Resiko banjir akibat perubahan iklim mengakibatkan keprihatinan karena menyebabkan kerugian ekonomi di berbagai wilayah didunia. Perencanaan pengendalian banjir sangat diperlukan supaya banjir yang terjadi tidak berdampak buruk terhadap kehidupan terutama dalam perekonomian. Salah satu cara pengendalian banjir adalah dengan menggunakan bendung. Bendung mampu menahan aliran air di hulu sungai atau saluran air besar sehingga membatasi aliran air yang masuk ke hilir. Dengan mengatur aliran air, bendung dapat mengurangi kemungkinan terjadinya banjir di wilayah hilir. Bagian dari bangunan bendung adalah Ambang yang memiliki beberapa bentuk yang umum digunakan dan masing-masing bentuk memiliki keunggulan masing-masing Tujuan dari praktikum ini adalah untuk mengetahui debit air yang mengalir dengan ambang yaitu ambang segitiga dan ambang tajam dengan variasi bukaan pintu. Metode yang digunakan adalah melakukan pengujian di Laboratorium Teknik Sipil dengan menggunakan replika sungai (saluran terbuka) sepanjang 10 meter. Saat pengujian kecepatan aliran juga dihitung. Hasil dari pengujian yaitu diperoleh data debit yang mengalir dengan ambang. Debit aliran paling kecil didapatkan pada ambang segitiga dengan bukaan hilir 1 cm. Pengaruh debit terhadap penanggulangan banjir yaitu jika pada suatu aliran sungai memiliki kapasitas debit yang besar dapat menggunakan hasil perhitungan ini sebagai referensi untuk menanggulangi masalah tersebut.</p>
ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Keywords:</p> <p>Flood Froude number Hydraulics Watergate Weir</p>	<p><i>The increased risk of flooding due to climate change is cause concern because it causes economic losses in various regions of the world. Flood control planning is needed so that floods that occur do not have a negative impact on life, especially in the economy. One way of flood control is to use weirs. Weirs are able to withstand the flow of water upstream of rivers or large waterways, limiting the flow of water entering downstream. By regulating the flow of water, the weir can reduce the possibility of flooding downstream. Part of the weir building is the threshold which has several commonly used shapes and each shape has its own advantages The purpose of this practicum is to determine the discharge of water flowing with thresholds, namely triangular thresholds and sharp thresholds with variations in door openings. The method used is to conduct testing in the Civil Engineering Laboratory using a replica of a river (open channel) along 10 meters. When testing the flow velocity is also calculated. The result of the test is obtained discharge data that flows with thresholds. The smallest flow discharge is obtained at the triangular threshold with a downstream opening of 1 cm. The effect of discharge on flood management is that if a river flow has a large discharge capacity, you can use the results of this calculation as a reference to overcome the problem.</i></p>

1. Pendahuluan

Perubahan iklim telah menimbulkan keprihatinan terhadap peningkatan risiko banjir sungai karena peningkatan kapasitas air yang melampaui kemampuan penyimpanan air[1]. Keprihatinan ini diperkuat oleh bukti adanya kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh banjir di berbagai wilayah di dunia [2]. Dampak yang disebabkan dari setiap perubahan banjir sungai berpengaruh terhadap perencanaan tindakan perlindungan banjir[3]. Salah satu sistem pengendalian banjir adalah dengan menggunakan bendung. Bendung mampu menahan aliran air di hulu sungai atau saluran air besar sehingga membatasi aliran air yang masuk ke hilir. Dengan mengatur aliran air, bendung dapat mengurangi kemungkinan terjadinya banjir di wilayah hilir[4]–[6].

Bendung merupakan bangunan air yang difungsikan untuk menahan aliran air agar didapatkan tinggi muka air yang melebihi kedalaman air awal dan untuk mengendalikan aliran, sehingga air dapat dimanfaatkan secara optimal [7], [8]. Ambang yang merupakan bagian dari bangunan bendung memiliki beberapa bentuk yang umum digunakan dan masing-masing bentuk memiliki keunggulan masing-masing [9]. Air yang mengalir dari atas ambang menuju hilir akan mengakibatkan adanya beda tinggi antara puncak ambang dengan tinggi air di hilir ambang. Beda tinggi ini akan mengakibatkan adanya energi air yang bertambah besar yang lebih besar dari sebelum ada ambang. Hal ini ditunjukkan dengan adanya loncatan air pada hilir ambang[10], [11]. Ada beberapa klasifikasi loncatan air berdasarkan besaran nilai Froude. Pada penelitian ini akan meneliti tentang perbandingan hasil debit dengan menggunakan dua ambang yang berbeda yaitu ambang segitiga dan ambang tajam dengan ketinggian bukaan pintu air yang sama. Dengan diketahuinya debit yang mengalir dengan ambang nantinya bisa digunakan sebagai referensi untuk penanggulangan banjir.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Saluran Terbuka

Saluran terbuka dalam hidrolika merujuk pada saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas, yang biasanya terbuka di atas tanah dan terhubung dengan atmosfer. Aliran dalam saluran terbuka memiliki permukaan bebas, sehingga air bebas bentuknya. Saluran terbuka dapat berupa sungai, parit, atau saluran irigasi yang tidak tertutup[12]. Aliran dalam saluran terbuka dapat ditentukan menggunakan berbagai rumus, seperti rumus Chezy dan rumus Manning, yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran. Selain itu, sifat pengaliran dalam saluran terbuka ditandai oleh luas tampang lintang yang tidak berubah sepanjang ruang dan waktu, serta kecepatan aliran yang konstan. Saluran terbuka memiliki peran penting dalam rekayasa sipil, irigasi, dan manajemen sumber daya air.

2.2 Ambang segitiga

Ambang segitiga adalah bangunan air yang digunakan dalam rekayasa saluran untuk mengontrol aliran air. Berikut adalah cara kerjanya:

1. Fungsi: Ambang segitiga digunakan untuk menaikkan tinggi muka air dan menentukan debit aliran air. Selain itu, ambang juga dapat digunakan untuk meninggikan muka air di sungai atau pada saluran irigasi sehingga dapat[13].
2. Bentuk: Ambang segitiga memiliki bentuk yang sederhana dan dapat dibagi menjadi dua jenis: ambang lebar dan ambang tajam. Perbedaan bentuk fisik antara ambang lebar dan ambang tajam mempengaruhi jatuh aliran.

Dalam merancang bangunan pelimpah, ambang segitiga memiliki peran penting dalam mengontrol aliran air dan menjaga kelangsungan sistem saluran irigasi.

3. Metode Penelitian

Praktikum Hidrolika ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil dengan menggunakan dua jenis ambang yaitu ambang tajam dan ambang segitiga pada sebuah model saluran terbuka. pengujian dilakukan sebanyak 6 kali percobaan, untuk masing-masing ambang sebanyak 3 kali dengan 3 variasi bukaan pintu yang berbeda yaitu 0.5 cm, 1 cm, dan 1,5 cm.

3.1 Alat yang Digunakan

1. Saluran Terbuka dari kaca (flume)

Model saluran terbuka ini merupakan replika saluran terbuka/sungai. Saluran ini memiliki Panjang 10 m dan lebar 12 cm.



Gambar 1. Replika Saluran Terbuka.

2. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur ketinggian air bukaan pada hilir.



Gambar 2. Penggaris

3. Ambang Segitiga

Merupakan Ambang yang digunakan sebagai bendung dalam pengujian.



Gambar 3. Ambang segitiga

4. Ambang Tajam

Ambang yang digunakan sebagai bendung dalam pengujian.



Gambar 4. Ambang Tajam

5. Bak Penampung Air

Wadah yang digunakan untuk menampung air yang keluar dari saluran pada waktu pengujian.



Gambar 5. Bak penampung air

6. Piknometer

Sebagai wadah air yang mengalir pada pengukuran kecepatan aliran



Gambar 6. piknometer

7. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu aliran yang mengalir saat menghitung kecepatan aliran.



Gambar 7. Stopwatch

Pada pengujian pertama yang dilakukan adalah memasang ambang pada saluran terbuka. Ambang di pasang tepat berada pada tengah saluran (5 meter) dari ujung saluran. Setelah ambang terpasang selanjutnya pastikan posisi pintu bukan air untuk dalam kondisi terbuka lebar, setelah itu menyalakan air dn membiarkannya mengalir melewati ambang yang sudah dipasang.

3.2 Rumus Perhitungan

1. Luas Penampang

$$A = hxb \quad (1)$$

dengan h = tinggi muka air, b = lebar saluran.

2. Debit (Q)

$$Q = vxA \quad (2)$$

dengan v = kecepatan, A = luas penampang.

3. Energi spesifik (Bilangan Froude)

$$NF = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad (3)$$

dengan NF = angka froude, v = kecepatan, g =percepatan gravitasi, h = kedalaman air

4. Discharge Relationship

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} g^{1/2} b C h_1^{3/2} \quad (4)$$

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dijelaskan secara lengkap sesuai dengan metode yang digunakan. Pembahasan mendalam dilakukan berdasarkan data hasil survei, pengujian, atau metode pengambilan data lainnya. Pembahasan harus mengaitkan konten dengan teori yang telah dikemukakan sebelumnya. Dalam hal data hasil yang ditampilkan banyak, Hasil dan Pembahasan/Analisis dapat dicantumkan pada bagian yang berbeda.

4.1 Kecepatan Aliran

Tabel 1. Hasil perhitungan Luas, Kecepatan, dan Debit pada ambang Segitiga

Ketinggian Bukaan Pintu Hilir 0.5 cm						
No	Kedalaman Air (H) meter	Lebar Saluran (b) Meter	Luas Penampang (A)	Debit Air (Q) m ³ /s	Kecepatan (V)	Keterangan
0.	0.185	0.115	0.21275	0.014	0.68	Hulu
1.	0.2	0.115	0.023	0.0155	0.68	Hulu
2.	0.21	0.115	0.02415	0.0163	0.68	Hulu
3.	0.215	0.115	0.024725	0.0167	0.68	Hulu
4.	0.221	0.115	0.025415	0.0172	0.68	Hulu
5.	0.225	0.115	0.025875	0.0175	0.68	Hulu
6.	0.16	0.115	0.0184	0.0124	0.68	Hilir
7.	0.163	0.115	0.018745	0.0127	0.68	Hilir
8.	0.162	0.115	0.01863	0.0126	0.68	Hilir
9.	0.162	0.115	0.01863	0.0126	0.68	Hilir
Hasil Rata-rata				0.015	0.68	

Ketinggian Bukaan Pintu Hilir 1 cm						
No	Kedalaman Air (H) meter	Lebar Saluran (b) Meter	Luas Penampang (A)	Debit Air (Q) m ³ /s	Kecepatan (V)	Keterangan
0.	0.185	0.115	0.021275	0.015	0.71	Hulu

1.	0.2	0.115	0.023	0.0163	0.71	Hulu
2.	0.212	0.115	0.02438	0.015	0.71	Hulu
3.	0.219	0.115	0.025185	0.0163	0.71	Hulu
4.	0.223	0.115	0.025645	0.0173	0.71	Hulu
5.	0.22	0.115	0.0253	0.0179	0.71	Hulu
6.	0.064	0.115	0.00736	0.0182	0.71	Hilir
7.	0.075	0.115	0.008625	0.0179	0.71	Hilir
8.	0.075	0.115	0.008625	0.0052	0.71	Hilir
9.	0.075	0.115	0.008625	0.0061	0.71	Hilir

Hasil Rata-rata
0.013**0.71**

Ketinggian Bukaan Pintu Hilir 1.5 cm

No	Kedalaman Air (H) meter	Lebar Saluran (b) Meter	Luas Penampang (A)	Debit Air (Q) m ³ /s	Kecepatan (V)	Keterangan
0.	0.185	0.115	0.021275	0.013	0.62	Hulu
1.	0.2	0.115	0.023	0.0143	0.62	Hulu
2.	0.212	0.115	0.02438	0.0151	0.62	Hulu
3.	0.219	0.115	0.025185	0.0156	0.62	Hulu
4.	0.23	0.115	0.02645	0.0164	0.62	Hulu
5.	0.233	0.115	0.026795	0.0166	0.62	Hulu
6.	0.008	0.115	0.00092	0.0006	0.62	Hilir
7.	0.04	0.115	0.0046	0.0029	0.62	Hilir
8.	0.045	0.115	0.005175	0.0032	0.62	Hilir
9.	0.044	0.115	0.00506	0.0031	0.62	Hilir

Hasil Rata-rata

0.10

0.62

Dari Hasil perhitungan didapatkan kecepatan aliran air rata-rata terbesar yaitu 0.71 m/s pada bukaan pintu hilir 1 cm.

4.2 Bilangan Froude

Angka Froude didapatkan dari rumus persamaan (3) dengan Kedalaman air (H), debit (Q) didapatkan hasil:

Tabel 3. Hasil perhitungan bilangan Froude pada ambang Segitiga

MENGGUNAKAN AMBANG SEGITIGA				
Bukaan Hilir =	0,5	cm		
No	Kecepatan (V)	Tinggi Muka Air (h)	Nilai Froude (Fr)	Keterangan
h0 (Hulu)	0,68	0,185	0,502	subkritis
1	0,68	0,2	0,483	subkritis
2	0,68	0,21	0,471	subkritis
3	0,68	0,215	0,465	subkritis
4	0,68	0,221	0,459	subkritis
5	0,68	0,225	0,455	subkritis
6	0,68	0,16	0,540	subkritis
7	0,68	0,163	0,535	subkritis
8	0,68	0,162	0,536	subkritis
9	0,68	0,162	0,536	subkritis
Atas Ambang	0,68	0,215	0,465	subkritis

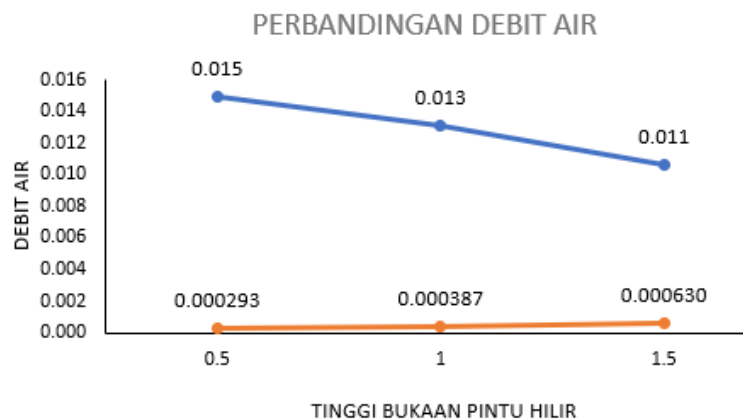
Bukaan Hilir =	1	cm		
No	Kecepatan (V)	Tinggi Muka Air (h)	Nilai Froude (Fr)	Keterangan
h0 (Hulu)	0,71	0,185	0,527	subkritis
1	0,71	0,2	0,507	subkritis
2	0,71	0,212	0,492	subkritis
3	0,71	0,219	0,484	subkritis
4	0,71	0,223	0,480	subkritis
5	0,71	0,22	0,483	subkritis
6	0,71	0,064	0,896	subkritis
7	0,71	0,075	0,827	subkritis
8	0,71	0,075	0,827	subkritis
9	0,71	0,075	0,827	subkritis
Atas Ambang	0,71	0,218	0,485	subkritis

Bukaan Hilir =	1.5	cm		
No	Kecepatan (V)	Tinggi Muka Air (h)	Nilai Froude (Fr)	Keterangan
h0 (Hulu)	0,62	0,185	0,461	subkritis
1	0,62	0,2	0,444	subkritis
2	0,62	0,212	0,431	subkritis
3	0,62	0,219	0,424	subkritis
4	0,62	0,23	0,414	subkritis

5	0,62	0,233	0,411	subkritis
6	0,62	0,8	0,222	subkritis
7	0,62	0,04	0,992	subkritis
8	0,62	0,045	0,935	subkritis
9	0,62	0,044	0,946	subkritis
Atas Ambang	0,62	0,225	0,418	subkritis

4.3 Debit dengan Ambang

Menurut ISO 3846 debit aliran dengan ambang dapat dihitung dengan persamaan (4), dengan hasil sebagai berikut,



Gambar 8. Grafik perbandingan debit saluran dengan debit menggunakan ambang

Pada garis berwarna kuning adalah hasil perhitungan debit aliran dengan ambang, sedangkan garis berwarna biru adalah debit saluran. Dari kedua perbandingan pada Gambar 8. dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan ambang mampu mengurangi debit air yang mengalir dari hulu ke hilir dan juga dapat mengatur kebutuhan air menggunakan pintu air yang sesuai.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil diatas, dapat disimpulkan bahwa ambang segitiga dengan bukaan hilir 1 cm memiliki debit aliran paling kecil. Selain itu, hasil perhitungan ini dapat digunakan sebagai referensi untuk menanggulangi masalah banjir pada sungai dengan kapasitas debit yang besar. Sebagai saran, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kondisi aliran sungai secara keseluruhan agar dapat menentukan strategi penanggulangan banjir yang lebih efektif.

Ucapan Terimakasih

Terima Kasih kepada Universitas Kadiri terutama Fakultas Teknik dan Laboratorium Teknik Sipil yang telah mensupport penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] S. Nedkov and B. Burkhard, "Flood regulating ecosystem services - Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria," *Ecol. Indic.*, vol. 21, pp. 67–79, 2012, doi: 10.1016/j.ecolind.2011.06.022.
- [2] G. Blöschl *et al.*, "Changing climate both increases and decreases European river floods," *Nature*, vol. 573, no. 7772, pp. 108–111, 2019, doi: 10.1038/s41586-019-1495-6.

- [3] G. I. Yangouliba *et al.*, "Impacts of hydro-climatic trends and upstream water management on hydropower generation at the Bagré dam," *J. Water Clim. Chang.*, vol. 13, no. 6, pp. 2399–2413, 2022, doi: 10.2166/wcc.2022.452.
- [4] J. Mckenna, V. Glenis, and C. Kilsby, "A new riemann solver for modelling bridges in flood flows - Development and experimental validation," *Appl. Math. Comput.*, vol. 447, no. June, 2023, doi: 10.1016/j.amc.2023.127870.
- [5] A. Khamid, S. I. Wahyudi, and Soedarsono, "Analysis of Stability Safety Factors of Gabion Weir Models against the Wall and Water Level Variation," *Civ. Eng. Archit.*, vol. 11, no. 3, pp. 1107–1124, 2023, doi: 10.13189/cea.2023.110301.
- [6] C. Xie, F. Yang, G. Liu, Y. Liu, L. Wang, and Z. Fan, "Sustainable Improvement of Urban River Network Water Quality and Flood Control Capacity by a Hydrodynamic Control Approach-Case Study of Changshu City," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 51, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/51/1/012029.
- [7] T. Piman, J. S. Hecht, G. Lacombe, M. E. Arias, and T. D. Dang, "Hydropower dams of the Mekong River basin: a review of their hydrological impacts," *J. Hydrol.*, 2018, doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.10.045.
- [8] "Water resource regulate and control system in ancient tuoshan weir engineering," no. May, p. 2023, 2023.
- [9] S. Kim, B. Yoon, S. Kim, and D. Kim, "Design Procedure for Determining Optimal Length of Side-Weir in Flood Control Detention Basin Considering Bed Roughness Coefficient," *J. Irrig. Drain. Eng.*, vol. 142, no. 12, pp. 1–10, 2016, doi: 10.1061/(asce)ir.1943-4774.0001008.
- [10] S. I. Wahyudi, H. P. Adi, E. Santoso, and R. Heikoop, "Simulating on water storage and pump capacity of 'kencing' river polder system in Kudus regency, Central Java, Indonesia," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1818, no. September, 2017, doi: 10.1063/1.4976928.
- [11] U. Farooq *et al.*, "Flood Modelling and Risk Analysis of Cinan Feizuo Flood Protection Area, Huaihe River Basin," *Atmosphere (Basel)*, vol. 14, no. 4, 2023, doi: 10.3390/atmos14040678.
- [12] K. S. A. 4 Kun Suharno 1, Catur Pramono2, Sigit Mujiarto 3, "Analisis Debit Air dengan Variasi Bentuk Open Channel pada Suatu Aliran," *J. Mech. Eng.*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [13] Badan Standardisasi Nasional (BSN), "SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan," *Standar Nas. Indones.*, no. 8, p. 720, 2019, [Online]. Available: www.bsn.go.id.