

Studi Eksperimental Simulasi Aliran terhadap Kehilangan Energi dengan Menggunakan Ambang Lebar dan Ambang Tajam

Khusnulnisa Firda Syamsuddin ^{1*}, Ratna Musa ², Andi Muh Subhan ³

1*) Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar,

khusnulnisafirda76@gmail.com

2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

3) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

Energy loss in open channel flow is a critical parameter in the design and analysis of hydraulic structures. This study aims to analyze the flow patterns and energy losses associated with two types of weirs: broad-crested and sharp-crested, through experimental simulations conducted in a laboratory setting. The experiment involved varying flow discharges and baffle configurations to observe the hydraulic response of each weir type. Results show that the broad-crested weir exhibits a gradual flow transition from subcritical to critical, then supercritical, and finally returns to subcritical, indicating stable flow control due to its geometric characteristics. In contrast, the sharp-crested weir shows a flow transition from subcritical to supercritical and back to subcritical without a clearly defined critical state. Energy loss in the broad-crested weir ranged from 0.0461 m to 0.0868 m, while in the sharp-crested weir it ranged from 0.0449 m to 0.0937 m. These findings indicate that the broad-crested weir is more hydraulically efficient, providing smoother flow transitions and reduced turbulence. The results contribute to improved decision-making in selecting weir types based on hydraulic energy efficiency.

Keywords: Broad-Crested Weir, Energy Loss, Flow Pattern, Hydraulic Efficiency, Sharp-Crested Weir.

Abstrak

Kehilangan energi dalam aliran saluran terbuka merupakan parameter penting dalam perencanaan dan desain bangunan air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola aliran dan kehilangan energi pada dua jenis ambang, yaitu ambang lebar dan ambang tajam, melalui pendekatan eksperimental di laboratorium. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan debit aliran dan konfigurasi sekat untuk mengamati respons hidraulik masing-masing jenis ambang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada ambang lebar, pola aliran mengalami transisi dari kondisi subkritis menuju kritis, kemudian superkritis, dan kembali ke subkritis, menunjukkan adanya kontrol geometri yang stabil terhadap aliran. Sebaliknya, pada ambang tajam, transisi aliran terjadi dari subkritis ke superkritis dan kembali ke subkritis tanpa melewati kondisi kritis yang jelas. Nilai kehilangan energi pada ambang lebar berkisar antara 0,0461 m hingga 0,0868 m, sedangkan pada ambang tajam berkisar antara 0,0449 m hingga 0,0937 m. Berdasarkan perbandingan tersebut, ambang lebar cenderung lebih efisien secara hidraulik karena memberikan transisi aliran yang lebih stabil dan mengurangi turbulensi. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap pengambilan keputusan dalam pemilihan tipe ambang berdasarkan efisiensi energi aliran.

Kata kunci: Ambang Lebar, Ambang Tajam, Efisiensi Hidraulik, Kehilangan Energi, Pola Aliran.

1. PENDAHULUAN

Sumber daya air merupakan salah satu komponen vital dalam mendukung kehidupan dan pembangunan di berbagai sektor seperti pertanian, industri, dan pemukiman. Dalam pengelolaannya, dibutuhkan sistem pengaliran dan infrastruktur yang mampu mengatur distribusi air secara efisien dan berkelanjutan. Salah satu aspek penting dalam sistem ini

adalah pemahaman tentang perilaku aliran air dalam saluran terbuka, terutama ketika aliran tersebut melewati bangunan hidraulik seperti ambang (*weir*).

Ambang merupakan struktur melintang yang umum digunakan untuk berbagai tujuan, antara lain untuk mengukur debit, mengatur tinggi muka air, atau mengontrol aliran. Secara umum, ambang diklasifikasikan menjadi dua tipe berdasarkan bentuk crest-nya, yaitu ambang tajam (*sharp-crested weir*) dan ambang lebar (*broad-crested weir*). Masing-masing jenis ambang memiliki karakteristik hidraulik yang berbeda dan memberikan dampak yang berbeda pula terhadap aliran, termasuk dalam hal kehilangan energi (*head loss*).

Kehilangan energi merupakan aspek penting yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan dan desain struktur air. Energi yang hilang akibat gesekan, perubahan bentuk aliran, atau turbulensi dapat mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan. Dalam konteks ini, pemahaman tentang besarnya kehilangan energi yang diakibatkan oleh jenis ambang tertentu sangat penting untuk mendukung desain yang optimal.

Perbedaan geometri antara ambang tajam dan lebar menyebabkan perbedaan pola aliran dan distribusi kecepatan. Ambang tajam menyebabkan aliran membentuk nappe bebas dan menciptakan turbulensi yang signifikan, sedangkan ambang lebar memungkinkan aliran menempel dan mengalir mengikuti permukaan *crest*, sehingga cenderung lebih stabil. Fenomena ini memunculkan dugaan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam jumlah kehilangan energi yang terjadi antara kedua jenis ambang tersebut.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen untuk mensimulasikan aliran air yang melewati ambang tajam dan lebar dalam skala laboratorium. Melalui pengukuran kedalaman air dan kecepatan aliran di bagian hulu dan hilir ambang, kehilangan energi dapat dihitung dan dibandingkan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai efektivitas masing-masing jenis ambang dalam hal konservasi energi, serta memberikan dasar ilmiah bagi perencanaan bangunan air yang lebih efisien. Dengan melakukan pendekatan eksperimental, penelitian ini tidak hanya memperkuat teori hidraulika klasik, tetapi juga memberikan data empiris yang berguna untuk validasi model-model aliran dan untuk diaplikasikan pada desain saluran dan bendung di lapangan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kehilangan energi yang terjadi pada ambang lebar dan ambang tajam.

2. METODE

A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

B. Tahapan Penelitian

Proses identifikasi permasalahan dalam penelitian ini dilakukan melalui analisis terhadap sistem saluran terbuka yang melibatkan dua jenis ambang, yaitu ambang lebar dan ambang tajam. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi elemen-elemen yang berpengaruh, seperti kehilangan energi dan klasifikasi aliran, yang timbul akibat perubahan karakteristik aliran fluida pada kedua jenis ambang tersebut. Kehilangan energi menjadi perhatian utama karena memiliki dampak signifikan terhadap penurunan kekuatan aliran setiap kali terjadi perubahan dalam sistem saluran. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada kajian ambang lebar dan ambang tajam guna mengetahui seberapa besar kehilangan energi yang terjadi, sehingga dapat menjadi dasar dalam merancang sistem saluran terbuka yang mampu beroperasi secara efektif dan efisien.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Pengujian dilakukan dengan memberikan debit aliran yang sama pada kedua jenis ambang, yaitu ambang lebar dan ambang tajam, yang menjadi objek penelitian. Pendekatan ini dipilih agar perbandingan kehilangan energi yang terjadi dapat diukur secara lebih akurat dengan kondisi aliran yang terkontrol dan seragam.

Hasil pengumpulan data selanjutnya akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai perbedaan kehilangan energi antara ambang lebar dan ambang tajam pada debit tetap yang digunakan. Penyajian data ini diharapkan dapat membantu dalam menganalisis kinerja kedua jenis ambang dan menjadi dasar rekomendasi perancangan sistem saluran terbuka yang lebih efisien.

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah karakteristik, sifat, atau konsep yang dapat diamati, diukur, dan diubah dalam suatu penelitian. Variabel ini dapat berubah nilainya atau ada perbedaan antar individu, objek, atau situasi. Dalam sebuah penelitian, terdapat dua jenis variabel utama, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Berikut penjelasan singkat tentang keduanya:

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab terjadinya perubahan atau timbulnya variabel terikat. Dinamakan variabel bebas karena variabel ini bebas dalam mempengaruhi variabel lain. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan yaitu debit dan tinggi muka air. Semnetara itu, variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau variabel yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikat yang digunakan yaitu Kehilangan energi.

D. Tahap Pengujian

Prosedur percobaan pada ambang lebar

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Mengatur debit aliran air $Q = 0,0023 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
3. Kalibrasi debit.
4. Setelah aliran stabil, mengatur letak ambang lebar terhadap dasar saluran.
5. Atur sekat di hilir saluran. Sekat yang digunakan yaitu 1 sekat sedang, 1 sekat sedang dan 1 sekat besar juga menggunakan 2 sekat besar untuk masing masing debit
6. Mengukur tinggi muka air.
7. Mengukur kecepatan aliran di hulu dan di hilir dengan menggunakan bola pimpong.
8. Ulangi prosedur no.2 sampai no.8 sebanyak 5 (kali) untuk nilai Q yang berbeda – beda dengan $Q = 0,0023 \text{ m}^3/\text{dtk}$; $0,0022 \text{ m}^3/\text{dtk}$; dan $0,0021 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Prosedur percobaan pada ambang tajam

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Pengaturan debit aliran air $Q = 0,0023 \text{ m}^3/\text{detik}$.
3. Kalibrasi debit.
4. Setelah aliran stabil, atur letak ambang tajam terhadap dasar saluran.
5. Atur sekat di hilir sehingga keadaan air loncat dapat diamati.
6. Mengukur tinggi muka air.
7. Mengukur kecepatan aliran di hulu dan di hilir dengan menggunakan bola pingpong.
8. Ulangi prosedur no.2 sampai no.7 sebanyak 5 (kali) untuk nilai Q yang berbeda – beda dengan $Q = 0,0023 \text{ m}^3/\text{dtk}$; $0,0022 \text{ m}^3/\text{dtk}$; dan $0,0020 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

E. Analisis Data

Setelah pengukuran maka dilanjutkan dengan menganalisa data yang telah diperoleh dari laboratorium dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan untuk menghasilkan data yang diinginkan. Data tersebut diolah untuk memperoleh kehilangan tenaga akibat variasi bukaan ambang lebar dan ambang tajam dengan menggunakan rumus:

1. Menghitung debit
2. Menghitung kecepatan aliran secara teoritis
3. Menghitung kecepatan aliran metode pelampung
4. Menghitung bilangan froude
5. Menghitung kehilangan energi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aliran air melalui ambang (*weir*) dalam saluran terbuka mengalami perubahan karakteristik yang bergantung pada bentuk ambang tersebut. Ambang lebar memiliki permukaan horizontal yang panjang, yang memungkinkan air mengalir secara stabil di atas permukaan ambang. Dalam kondisi ini, aliran mengalami perubahan bertahap dari kondisi subkritis ($Fr < 1$) di hulu menjadi kritis ($Fr \approx 1$) tepat di atas ambang, lalu menjadi superkritis ($Fr > 1$) setelah melewati ambang. Pada eksperimen, hal ini terlihat dari profil muka air yang cenderung halus dan melengkung, dengan kecepatan aliran meningkat bertahap karena percepatan gravitasi sepanjang ambang. Karena panjang ambang mendukung kestabilan aliran, efek kontraksi relatif kecil, dan tidak terbentuk vena contracta yang signifikan. Sebaliknya, ambang tajam memiliki ujung yang tipis, biasanya tegak lurus terhadap arah aliran. Air yang melewati ambang tajam mengalami kontraksi mendadak, menyebabkan terbentuknya vena contracta, yaitu titik terendah dari aliran yang terfokus. Karakteristik alirannya langsung berubah menjadi superkritis setelah ambang, dengan kecepatan aliran yang meningkat tajam dan muka air yang menurun drastis. Fenomena ini menyebabkan turbulensi dan percikan yang terlihat jelas di hilir ambang.

Tabel 1 Rekapitulasi Analisa Perhitungan Kecepatan Aliran, Bilangan Froude, dan Jenis Aliran Pada Setiap Percobaan

Percobaan	Sekat	Debit	v (m/dtk)				Fr				Jenis Aliran			
		(Liter/Dtk)	hulu	Diatas Ambang	Tengah	Hilir	hulu	Diatas Ambang	Tengah	Hilir	hulu	Diatas	Tengah	Hilir
Ambang Lebar	1 Sekat Sedang	0.0023	0.38	0.70	1.18	0.81	0.30	1.00	2.66	0.81	Sub Kritis	Kritis	Super Kritis	Sub Kritis
		0.0022	0.37	0.69	1.18	0.86	0.29	1.00	2.72	0.86	Sub Kritis	Kritis	Super Kritis	Sub Kritis
		0.0020	0.33	0.68	1.11	0.85	0.26	1.00	2.65	0.85	Sub Kritis	Kritis	Super Kritis	Sub Kritis
	1 Sedang +1 Besar	0.0023	0.20	0.63	0.39	0.22	0.15	1.00	0.46	0.61	Sub Kritis	Kritis	Sub Kritis	Sub Kritis
		0.0022	0.16	0.61	0.37	0.19	0.12	1.00	0.42	0.66	Sub Kritis	Kritis	Sub Kritis	Sub Kritis
		0.0020	0.18	0.58	0.32	0.16	0.14	1.00	0.36	0.67	Sub Kritis	Kritis	Sub Kritis	Sub Kritis
	2 Besar	0.0023	0.16	0.63	0.27	0.17	0.13	1.00	0.26	0.16	Sub Kritis	Kritis	Sub Kritis	Sub Kritis
		0.0022	0.13	0.59	0.26	0.13	0.10	1.00	0.25	0.12	Sub Kritis	Kritis	Sub Kritis	Sub Kritis
		0.0020	0.11	0.59	0.25	0.11	0.09	1.00	0.24	0.10	Sub Kritis	Kritis	Sub Kritis	Sub Kritis
	Ambang Tajam	1 Sekat Sedang	0.0023	0.34	0.91	1.84	0.66	0.26	1.41	4.65	0.80	Sub Kritis	Super Kritis	Super Kritis
			0.0022	0.29	0.85	1.76	0.63	0.22	1.41	4.45	0.76	Sub Kritis	Super Kritis	Super Kritis
			0.0020	0.27	0.84	1.42	0.59	0.21	1.41	3.39	0.72	Sub Kritis	Super Kritis	Super Kritis
		1 Sedang +1 Besar	0.0023	0.19	1.02	0.32	0.18	0.14	1.41	0.34	0.17	Sub Kritis	Super Kritis	Sub Kritis
			0.0022	0.15	0.94	0.31	0.20	0.11	1.41	0.32	0.19	Sub Kritis	Super Kritis	Sub Kritis
			0.0020	0.16	0.94	0.30	0.14	0.12	1.41	0.32	0.14	Sub Kritis	Super Kritis	Sub Kritis
		2 Besar	0.0023	0.15	1.03	0.24	0.16	0.11	1.41	0.21	0.14	Sub Kritis	Super Kritis	Sub Kritis
			0.0022	0.13	1.02	0.23	0.14	0.10	1.41	0.21	0.12	Sub Kritis	Super Kritis	Sub Kritis
			0.0020	0.12	0.94	0.21	0.12	0.09	1.41	0.20	0.11	Sub Kritis	Super Kritis	Sub Kritis

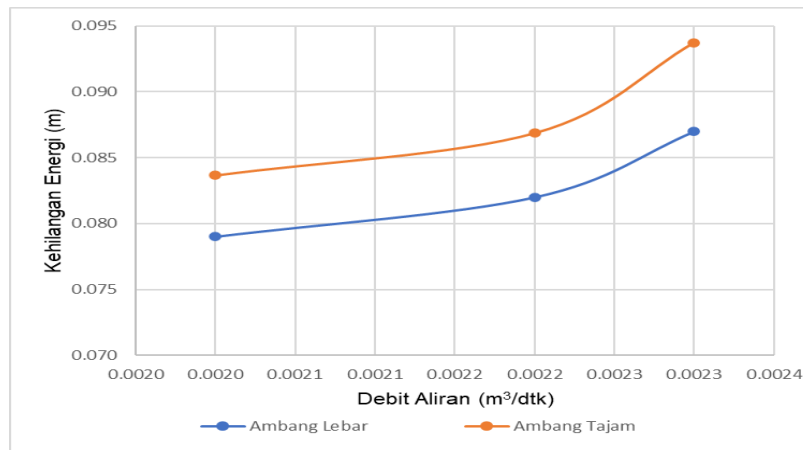
Berdasarkan **Tabel 1** rekapitulasi dan **Tabel 2** dapat dilihat rekap hasil perhitungan pada ambang lebar dan ambang tajam. Data yang diperoleh telah diambil sebanyak lima kali dan dihitung nilai rata-ratanya. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa data yang diperoleh adalah data yang akurat dan representatif. Debit yang digunakan dikalibrasi terlebih dahulu sebelum melakukan penelitian. Untuk penelitian Ambang Lebar dan ambang tajam ini menggunakan tiga debit yaitu debit 0,0023 m³/dtk; 0,0022 m³/dtk dan 0,0020 m³/dtk.

Setelah debit dikalibrasi, dilanjutkan dengan perhitungan kecepatan aliran. Berdasarkan tabel 4.39, kecepatan aliran untuk debit 0,0023 m³/dtk pada ambang lebar yaitu 0,38 m/dtk di hulu, 0,70 m/dtk di atas ambang, 1,18 m/dtk di tengah, dan 0,81 di hilir saluran. Sedangkan kecepatan aliran untuk debit 0,0023 m³/dtk pada ambang tajam yaitu 0,34 m/dtk di hulu, 0,91 m/dtk di atas ambang, 1,84 m/dtk di tengah, dan 0,66 m/dtk di hilir saluran.

Tabel 2 Rekapitulasi Analisa Perhitungan Kehilangan Energi Pada Setiap Percobaan

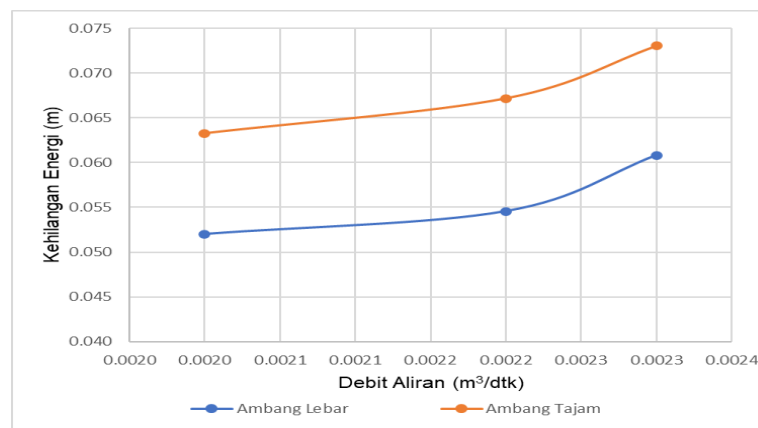
Percobaan	Sekat	Debit (Liter/Dtk)	ΔE (m)
Ambang Lebar	1 Sekat Sedang	0.0023	0.087
		0.0022	0.082
		0.0020	0.079
	1 Sedang +1 Besar	0.0023	0.061
		0.0022	0.055
		0.0020	0.052
	2 Besar	0.0023	0.052
		0.0022	0.048
		0.0020	0.046
Ambang Tajam	1 Sekat Sedang	0.0023	0.094
		0.0022	0.093
		0.0020	0.093
	1 Sedang +1 Besar	0.0023	0.073
		0.0022	0.072
		0.0020	0.070
	2 Besar	0.0023	0.054
		0.0022	0.052
		0.0020	0.050

Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan antara debit aliran (Q) dan kehilangan energi (ΔE) pada sistem saluran terbuka yang menggunakan satu sekat sedang dengan dua jenis ambang, yaitu ambang lebar dan ambang tajam. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa kehilangan energi pada kedua jenis ambang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya debit aliran. Namun, kehilangan energi pada ambang tajam secara konsisten lebih tinggi dibandingkan dengan ambang lebar pada setiap variasi debit yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa ambang tajam menghasilkan disipasi energi yang lebih besar dibandingkan ambang lebar, sehingga ambang lebar cenderung lebih efisien dalam meminimalkan kehilangan energi pada saluran terbuka dengan debit aliran yang sama.



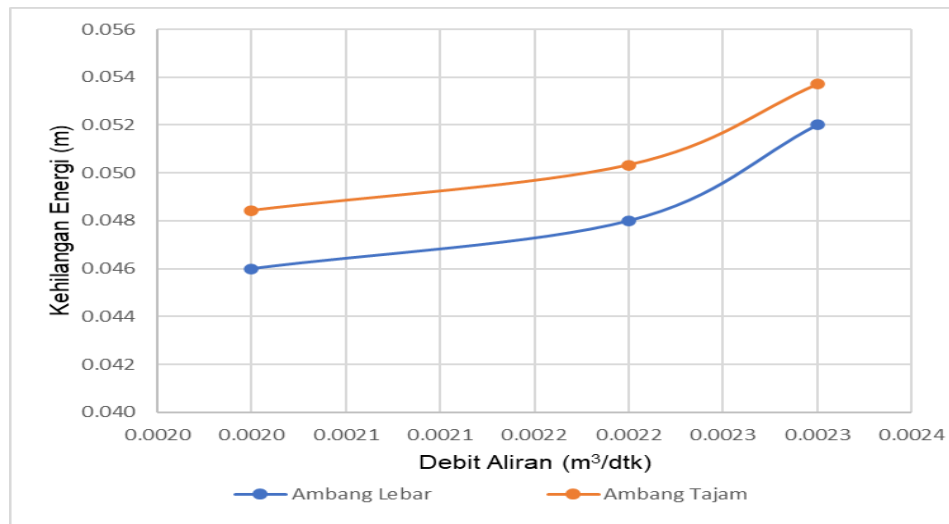
Gambar 2 Grafik Hubungan Debit (Q) dan Kehilangan Energi (ΔE) Menggunakan 1 sekat sedang

Gambar 3 memperlihatkan grafik hubungan antara debit aliran (Q) dan kehilangan energi (ΔE) pada saluran terbuka yang menggunakan kombinasi satu sekat sedang dan satu sekat besar, dengan perbandingan antara ambang lebar dan ambang tajam. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa peningkatan debit aliran mengakibatkan kenaikan kehilangan energi pada kedua jenis ambang. Namun, kehilangan energi pada ambang tajam tetap lebih tinggi dibandingkan ambang lebar di setiap variasi debit yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan ambang lebar lebih efisien dalam mengurangi kehilangan energi dibandingkan ambang tajam, meskipun terdapat kombinasi sekat yang berbeda dalam sistem saluran terbuka.



Gambar 3 Grafik Hubungan Debit (Q) dan Kehilangan Energi (ΔE) Menggunakan 1 Sekat Sedang dan 1 Sekat Besar

Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan antara debit aliran (Q) dan kehilangan energi (ΔE) pada saluran terbuka yang menggunakan dua sekat besar, dengan perbandingan antara ambang lebar dan ambang tajam. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa kehilangan energi pada kedua jenis ambang meningkat seiring dengan bertambahnya debit aliran. Meskipun demikian, ambang tajam menghasilkan kehilangan energi yang lebih tinggi dibandingkan ambang lebar pada setiap variasi debit yang diuji. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan ambang lebar lebih efektif dalam mengurangi kehilangan energi pada kondisi aliran dengan dua sekat besar, sehingga dapat menjadi alternatif yang lebih efisien dalam perancangan sistem saluran terbuka.



Gambar 4 Grafik Hubungan Debit (Q) dan Kehilangan Energi (ΔE) Menggunakan 2 Sekat Besar

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perbedaan karakteristik antara ambang lebar dan ambang tajam memberikan pengaruh signifikan terhadap pola aliran dan besarnya kehilangan energi pada saluran terbuka. Ambang lebar menunjukkan transisi aliran yang lebih bertahap melalui kondisi kritis yang stabil, sehingga mampu meminimalkan kehilangan energi dibandingkan ambang tajam yang cenderung menghasilkan percepatan aliran lebih agresif dan turbulensi yang lebih besar. Data percobaan menunjukkan bahwa kehilangan energi tertinggi terjadi pada penggunaan ambang tajam, sementara kehilangan energi terendah diperoleh pada ambang lebar dengan penggunaan dua sekat besar. Dengan demikian, ambang lebar dapat dianggap lebih efisien dan layak dipertimbangkan dalam perancangan sistem saluran terbuka yang mengutamakan pengurangan kehilangan energi dan kestabilan aliran..

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdulla et al., 2009. Roof Rain Water Harvesting System For Household Water Supply in Jordan. *Desalination* 243.195- 207.
- Achmad, T., Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Akibat Perubahan Tata Guna Lahan. *Jurnal Flyover*, 2(2), 66–75. <https://doi.org/10.52103/JFO.V2I2.1343>
- Al Amin et al., 2008. Teknik Panen Hujan Dengan Atap Usaha Konservasi Air Di Daerah Kering. www.BebasBanjir2015.wordpress.com.
- Amin M.T, dan M.Y. Han. 2009. Water environmental and sanitation status in disaster relief of Pakistan's 2005 earthquake. *Desalination* 248 (2009) 436–445.
- ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN AIR MELALUI AMBANG LEBAR,” n.d.

- Appan, A., 1999. A dual-mode system for harnessing roofwater for non-potable uses. *Urban Water* 1 (4): 317-321.
- Arsy, Nur, Risna Sulastri, Rustan Efendi, Ratna Musa, Musyafir Wellang, and Muhammad Haris. "Analisis Kekasaran Saluran Terhadap Penggunaan Ijuk Pada Saluran Terbuka." Vol. 1, n.d. <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/JILMATEKS>.
- Aryanto, D., 2017, "Potensi Pemanenan Air Hujan (Rain Harvesting) Untuk Kebutuhan Rumah Tangga Di Desa Klunggen Kecamatan Slogohimo Kabupaten Wonogiri", Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- El Khobar M. Naech., et Al, 2012, "Menentukan Efisiensi Cistern Berdasarkan Penggunaan Air Dan Segi Biaya DI Fakultas Teknik Universitas Indonesia", Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Fatmasari, Fifin, Arifah Zahiyah Pannai, Ratna Musa, Muhammad Haris, and Ali Mallombasi. "Analisis Parameter Karakteristik Aliran Melalui Pelimpah Segiempat Dan Trapesium Pada Saluran Terbuka (Uji Model Laboratorium)," n.d.
- Ghisi Enedir, Davi da Fonseca Tavares dan Vinicius Luis Rocha. 2009. Rain-water harvesting in petrol stations in Brasilia: Potential for potable water saving and investment feasibility ana-
- Harsoyo, B., 2009, "Teknik Pemanenan Air Hujan (Rain Water Harvesting) Sebagai Alternatif Upaya Penyelamatan Sumber Daya Air Di Wilayah DKI Jakarta", UPT BPP, Jakarta Pusat.
- Harto, S., 2000, "Analisis Hidrologi", Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Helmreich, B. dan H.Horn. 2009. Oppor-tunities in rainwater harvesting. *De-salination* 248:118-124.
- Hidayat, M. I., Hadi, A. K., & Musa, R. (2022). Kelayakan Proyek Pembangunan Jaringan Irigasi Daerah Irigasi (DI) Teko Kabupaten Sinjai. *Jurnal Flyover*, 2(2), 86–98. <https://doi.org/10.52103/JFO.V2I2.1346>
- Kasnawawi, Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Perbaikan Alur Sungai Akibat Debit Banjir. *Jurnal Flyover*, 2(1), 48–55. <https://doi.org/10.52103/JFO.V2I1.871>
- Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair. 1999. Sistem Pemanfaatan Air Hujan (SPAH) dan Pengelolaan Air Siap Minum (ARSINUM). <http://www.kelair.bppt.go.id/sitpapg/Patek/Spah.html> (Terakhir Diakses Penulis: 20 Maret 2020).
- Kharisma, Resti. (2016). Pemanfaatan Rainwater Harvesting (RWH) Berbasis Low Impact Developpent (LID) di Kawasan Pendidikan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa Skripsi Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Kurniawati, A., Musa, R., Mallombassi, A., & Wellang, M. (2021). Kajian Debit Banjir di Wilayah Sungai Saddang Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan dengan Menggunakan Grafik Creager. *Jurnal Flyover*, 1(2), 1–7. <https://doi.org/10.52103/JFO.V1I2.755>
- Li Zhe, Fergal Boyle dan Anthony Reynolds. 2010. Rainwater harvesting and greywater treatment system for domestic application in Ireland. *De-salination* 260:1-8.
- Maddi, H. C., Musa, R., & Ashad, H. (2021). Kajian Pengendalian Banjir dengan Menggunakan Waduk Regulasi. *Jurnal Flyover*, 1(1), 21–32. <https://doi.org/10.52103/JFO.V1I1.658>
- Maryono, A., 2017, "Memanen Air Hujan (Rain Harvesting)", Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Maryono, A., dan Santoso, E.N., 2006, "Metode Memanen dan Memanfaatkan Air Hujan Untuk Penyediaan Air Bersih, Mencegah Banjir dan kekeringan,Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI, Jakarta.
- Masombe, N., et Al, 2015, "Perencanaan Sistem Pelayanan Air Bersih Di Kelurahan Bonkawir Kabupaten Raja Ampat
- Mohamad, I., Musa, R., & Ashad, H. (2021). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Petugas Operasi dan Pemeliharaan dalam Pengelolaan Operasi Jaringan Irigasi. *Jurnal Flyover*, 1(2), 48–59. <https://doi.org/10.52103/JFO.V1I2.750>
- Mushardiansyah, Enggar, Maulana Malik Ibrahim, Ratna Musa, Musyafir Wellang, and Muhammad Haris. "Analisis Energi Spesifik Pada Ambang Tajam Dan Ambang Lebar Pada Saluran Terbuka (Uji Laboratorium)." Vol. 1, n.d. <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/JILMATEKS>.
- Rizal, R. (2023). Kajian Potensi Pemanfaatan Air Tanah Berdasarkan Data Geolistrik Resistiviti untuk Air Baku. *Jurnal Flyover*, 3(2), 120–128. <https://doi.org/10.52103/JFO.V3I2.1637>
- Saleh, Syam Sunniati, Ratna Musa, and Hanafi As'ad. "ABSTRAK." *Jurnal Teknik Hidro*. Vol. 12, 2019.