



## Studi Karakteristik Aliran melalui Bangunan Hidraulis dengan Bentuk yang Berbeda

<u>INFO PENULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
St. Rahmasari Universitas Muhammadiyah Makassar <a href="mailto:strahmasarii@gmail.com">strahmasarii@gmail.com</a>	ISSN: 3026-3603 Vol. 2, No. 1 April 2024 <a href="http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst">http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst</a>
Adriani Putri Universitas Muhammadiyah Makassar	
Muhammad Yunus Ali Universitas Muhammadiyah Makassar	
Muhammad Syafaat S. Kuba Universitas Muhammadiyah Makassar	

© 2024 Arden Jaya Publisher All rights reserved

### **Saran Penulisan Referensi:**

Rahmasari, S., Putri, A., Ali, M. Y., & Kuba, M. S. S. (2024). Studi Karakteristik Aliran melalui Bangunan Hidraulis dengan Bentuk yang Berbeda. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 2 (1), 170-177.

### **Abstrak**

Aliran adalah gambaran spesifik aliran yang dipengaruhi oleh kondisi topografi, tanah, geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi, dan manusia. Aliran dengan permukaan yang bebas disebut aliran pada saluran terbuka. Permukaan yang bebas itu terdiri dari pertemuan dua fluida yang memiliki kerapatan yang berbeda. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik dari setiap aliran melalui bangunan hidraulis dengan bentuk-bentuk yang berbeda. Penelitian di laksanakan di Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Selama dua bulan yaitu pada bulan November– Desember 2023 dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan dari setiap aliran hidrolis dengan dengan bentuk berbeda. Model yang di gunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium dimana seluruh penelitian diamati secara langsung terhadap objek yang diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum perubahan aliran pada bangunan hidraulis akan mengubah ketinggian aliran air dimana  $Q_1=0,0134 \text{ m}^3/\text{dtk}$   $Q_2=0,0143 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dan  $Q_3=0,0159 \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Perubahan karakteristik aliran dipengaruhi oleh bentuk-bentuk saluran pelimpah. Dimana pada bentuk trapesium menghasilkan debit aliran yang lebih besar sedangkan pada bentuk segitiga debitnya lebih kecil.

Kata kunci: Bangunan Hidraulis, Aliran, Saluran Pelimpah.

## Abstract

Flow is a specific description of flow that is influenced by topography, soil, geology, vegetation, land use, hydrology and human conditions. Flow with a free surface is called flow in an open channel. The free surface consists of a meeting of two fluids that have different densities. The aim of this research is to determine the characteristics of each flow through hydraulic buildings with different shapes. The research was carried out at the Hydraulics Laboratory, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University, Makassar. For two months, namely November–December 2023 with the aim of finding out the differences in each hydraulic flow with different shapes. The model used in this research is a laboratory experiment where all research is directly observed on the object being studied. The results of the research show that in general changes in flow in hydraulic buildings will change the height of the water flow where  $Q_1=0.0134$  m<sup>3</sup>/s  $Q_2=0.0143$  m<sup>3</sup>/s and  $Q_3=0.0159$  m<sup>3</sup>/s. Changes in flow characteristics are influenced by the shape of the water flow. spillway shape. Where the trapezoidal shape produces a larger flow rate, while in the triangular shape the flow rate is smaller. Key words: Abrasion Accretion, Erosion, DSAS, Coastline Change

**Keywords:** Hydraulic Structures, Streams, Spillways.

## A. Pendahuluan

Aliran merupakan pergerakan air dari hulu ke hilir akibat adanya ketidak seimbangan dipermukaan bumi. Air merupakan sumber kehidupan bagi makhluk hidup di bumi. Tentu saja, desain hidrolis yang benar diperlukan untuk mencapai aliran yang baik. Setiap lokasi mempunyai kapasitas air yang berbeda-beda, sehingga debit aliran pun disesuaikan. Semakin kecil laju aliran, semakin berbeda pula bentuk struktur hidraulisnya.

Karakteristik Aliran adalah gambaran spesifik aliran yang dipengaruhi oleh kondisi topografi, tanah, geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi, dan manusia. Aliran dengan permukaan yang bebas disebut aliran pada saluran terbuka. Permukaan yang bebas itu terdiri dari pertemuan dua fluida yang memiliki kerapatan yang berbeda. Biasanya, saluran terbuka mengandung udara, air dengan kerapatan udara jauh lebih kecil dari air (Ven Te Chow (1992)).

Sebelum melakukan uji pengaliran, sifat hidraulik harus diketahui. Untuk mengetahui karakteristik aliran, Anda harus memahami analisis yang didasarkan pada formulasi hidraulik (Sarwono 2016).

Namun, distribusi tekanan tidak hidrostatis terjadi dalam beberapa kondisi. Dorongan air yang disebabkan oleh ketidakseimbangan bidang tanah menyebabkan air mengalir dari hulu ke hilir. Ada banyak faktor yang mempengaruhi aliran saluran secara bersamaan. (Soemarwoto, 1985).

Penampang saluran tegak lurus terhadap arah aliran. Di sisi lain, penampang vertical saluran melalui titik terbawah atau terendah dari penampang saluran (Hidayah S 2015).

Seringkali, bangunan seperti waduk, saluran, pintu air, terjunan, bendungan, dan lainnya dibangun untuk mengatur dan mengontrol air untuk keperluan irigasi dan lainnya. Saluran terbuka sering digunakan untuk menyalurkan air ke berbagai lokasi untuk keperluan irigasi, drainase, dan air bersih, antara lain (Ali, Muhammad Yunus, dkk., 2018: 73).

Saluran bentuk segitiga dapat menampung debit air hujan yang kecil, saluran ini menampung dan menyalurkan limbah. Ini adalah jenis yang digunakan pada area yang terbatas, Saluran terbuka dikategorikan menjadi alami (natural) atau buatan (artificial), tergantung pada apakah penampangannya dibuat oleh manusia atau sebaliknya (Ranga Raju, tahun 1986).

Dengan menggunakan koordinat referensi yang bergerak, aliran tidak permanen dapat diubah menjadi aliran permanen dalam situasi tertentu. Beberapa keuntungan dari penyederhanaan ini termasuk kemudahan visualisasi dan penulisan persamaan yang terkait. Jika bentuk gelombang tidak berubah selama perambatannya, penyederhanaan ini tidak mungkin terjadi (Darmulia 2012).

Aliran saluran terbuka adalah aliran di saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Kajian tentang perilaku aliran dikenal dengan mekanika fluida (*mekanis fluida*). Salah satu klasifikasi aliran melalui saluran terbuka disebut seragam (*uniform*) yaitu apabila berbagai jenis aliran seperti kedalaman, gomp basah, kecepatan dan debit pada setiap gongg di sepanjang aliran adalah konstan. (Suhudi, S., & Arga Pandawa, AP (2022)).

Karakteristik aliran yang melewati bangunan pelimpah akan tergantung kepada bentuk dan sifat pelimpah itu sendiri. Untuk kepentingan bangunan air seperti bendungan dan bangunan air lainnya maka perihal karakteristik aliran sangatlah penting untuk menentukan bangunan yang akan dipilih sesuai kebutuhannya. (Saleh, S. S., Musa, R., & As'ad, H. 2019).

Kecepatan aliran dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik lainnya (tidak merata) pada seluruh tampang saluran terbuka. Hal ini dapat dijelaskan dengan konsep kekentalan fluida dan kekasaran saluran dimana perbedaan tersebut disebabkan adanya tegangan geser di dinding dan dasar saluran. (AdyPurnama,dkk 2018).

Distribusi kecepatan aliran dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik lainnya (tidak merata) pada seluruh tampang saluran terbuka. Hal ini dapat dijelaskan dengan konsep kekentalan fluida dan kekasaran saluran dimana perbedaan tersebut disebabkan adanya tegangan geser di dinding dan dasar saluran. Pada aliran saluran terbuka kecepatan maksimum biasanya terjadi di bawah permukaan bebas (Chow, 1959).

Secara mendasar, debit adalah besaran satuan air yang keluar dari daerah-daerah aliran sungai Sementara untuk debit aliran adalah jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran per-satuan waktu (Triatmodjo, 1996).

Hubungan antara volume pengaliran, tinggi muka air dari dasar saluran, dan kecepatan aliran terhadap debit adalah berbanding lurus. Nilai kecepatan aliran semakin ke atas diperoleh kondisi maksimal pada 0.86d. Sebaliknya, semakin mendekati dasar saluran nilai kecepatan aliran semakin kecil bahkan mendekati nol. Kurva Distribusi kecepatan pada penampang melintang berbentuk parabolik. Ini berarti, semakin mendekati tengah saluran maka semakin besar nilai kecepatan yang diperoleh (Junaidi, F. F. (2014).

Suatu aliran berupa air loncat adalah kondisi aliran yang diakibatkan oleh peralihan dari aliran superkritis ke aliran lambat. Di dalam proses peralihan tersebut sesungguhnya terjadi kehilangan energi yang cukup besar. Oleh karena itu maka analisa terhadap aliran tidak dapat didasarkan pada prinsip kesamaan tinggi energy penampang tersebut, akan tetapi dengan analisa gaya dari ruang titik yang dibatasi oleh penampang dimaksud (Alex Binilang 2014)

Pengkajian tentang hal ini dapat dilakukan melalui suatu penelitian terhadap aliran dengan membuat suatu bentuk saluran atau alat peraga yang sama dengan yang ada di lapangan dengan ukuran dan dimensinya dibuat sesuai skala tertentu dari yang ada di lapangan dan disesuaikan dengan permasalahan yang akan diteliti. (Aidhita Sapani 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik aliran pada bangunan hidraulis yang berbeda dan untuk menganalisis kecepatan terhadap energy spesifik dengan bentuk-bentuk bangunan hidraulis

## B. Metodologi

Lokasi penelitian yang akan kami laksanakan di Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Estimasi waktunya yaitu  $\pm 2$  bulan lamanya.



**Gambar 1.** lokasi penelitian

Penelitian yang digunakan adalah metode penelitian laboratorium yang meliputi

pengamatan atau pengukuran terhadap bangunan hidraulis dengan menggunakan bentuk trapezium, segitiga, dan persegi.

Adapun sumber data pada penelitian ini dimulai dengan melakukan pengumpulan data primer dimana data primer merupakan data yang diperoleh berdasarkan dari hasil perbandingan suatu variabel di Laboratorium.

**Tabel 1.** Alat pengambilan data lapangan

No	Bahan	Fungsi
1	Kamera	Untuk mengambil dokumentasi setiap kegiatan
2	Stopwatch	Untuk menghitung kecepatan aliran
3	Selang air	Untuk menyalurkan air kedalam saluran pelimpah

**Tabel 2.** Bahan Pengambilan Data Lapangan

No	Bahan	Fungsi
1	Alat Tulis	Mencatat data data yang telah diperoleh dari lapangan
2	Saluran pelimpah	Menghindarkan ketinggian air agar tidak melampaui tinggi air yang direncanakan.

### C. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui karakteristik aliran melalui bangunan hidraulis besarnya kecepatan aliran pada setiap bentuk berbeda terlebih dahulu perlu diketahui nilai tinggi muka air, panjang saluran, waktu tempuh pelampung dan lebar saluran pada setiap 3 variasi bentuk saluran yang diperoleh dari hasil penelitian dapat dilihat pada table 2, 3, dan 4 berikut ini:

**Tabel 3.** Tinggi muka air dan waktu tempuh pada bangunan pelimpah segi tiga

Debit Aliran (m <sup>3</sup> /det)	Tinggi Muka Air (h) (m)	Waktu (t) (det)	Lebar Permukaan (B) (m)	Kemiringan Dimensi Saluran (m) (m)	Panjang Saluran (S) (m)
Q1 (1/3)	0,099	38,29	0,341	1,722	0,770
	0,099	38,29	0,341	1,722	0,770
	0,099	38,29	0,341	1,722	0,770
<b>rata-rata</b>	<b>0,099</b>	<b>38,29</b>	<b>0,341</b>	<b>1,722</b>	<b>0,770</b>
Q2 (2/3)	0,115	30,21	0,346	1,504	0,770
	0,115	30,21	0,346	1,504	0,770
	0,115	30,21	0,346	1,504	0,770
<b>rata-rata</b>	<b>0,115</b>	<b>30,21</b>	<b>0,346</b>	<b>1,504</b>	<b>0,770</b>
Q3 (Full)	0,119	17,96	0,351	1,475	0,770
	0,119	17,96	0,351	1,475	0,770
	0,119	17,96	0,351	1,475	0,770
<b>rata-rata</b>	<b>0,119</b>	<b>17,96</b>	<b>0,351</b>	<b>1,475</b>	<b>0,770</b>

Menentukan luas penampang basah A bila ditinjau suatu penampang tegak lurus pada sumbu saluran, dengan rumus  $A = mh^2 = 1.722 \cdot 0.0992 = 0.0169$  m. maka keliling basah adalah panjang daripada sisi saluran yang disentuh oleh cairan di dalamnya. Saluran berbentuk segi tiga maka keliling basah  $P = 2h \sqrt{1 + m^2} = 2(0.099) \sqrt{1 + 1.722^2} = 0.394$  m. Jari-jari hidrolis

disimbolkan  $R = A/P = 0.0169/0.394 = 0.0428$  m, dan kedalaman hidraulik  $D = A/B = 0.0169/0.341 = 0.0495$  m. Untuk luas penampang basah, keliling basah jari jari hidrolis dan kedalaman hidraulik pada segi tiga dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.** Analisis data hidraulis pada bangunan pelimpah segi tiga

Debit Aliran (m <sup>3</sup> /det)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Keliling Basah (2h√(1 + m <sup>2</sup> )) (m)	Jari-jari Hirolis (A/P) (m)	Kedalaman Hidraulik (A/B) (m)
Q1 = 0.0094	0,0169	0,394	0,0428	0,0495
	0,0169	0,394	0,0428	0,0495
	0,0169	0,394	0,0428	0,0495
<b>rata-rata</b>	<b>0,0169</b>	<b>0,394</b>	<b>0,0428</b>	<b>0,0495</b>
Q2 = 0.0131	0,0199	0,415	0,0479	0,0575
	0,0199	0,415	0,0479	0,0575
	0,0199	0,415	0,0479	0,0575
<b>rata-rata</b>	<b>0,0199</b>	<b>0,415</b>	<b>0,0479</b>	<b>0,0575</b>
Q3 = 0.0143	0,0209	0,424	0,0492	0,0595
	0,0209	0,424	0,0492	0,0595
	0,0209	0,424	0,0492	0,0595
<b>rata-rata</b>	<b>0,0209</b>	<b>0,424</b>	<b>0,0492</b>	<b>0,0595</b>

Dari tabel menunjukkan bahwa pada pelimpah segi tiga menghasilkan korelasi yang searah, semakin besar debit maka semakin besar nilai luas penampang basah, keliling basah, jari-jari hidrolis dan kedalaman hidraulik. Pada debit Q3 adalah hasil yang relevan dengan nilai terbesar. Ada banyak rumus praktis mengenai aliran seragam yang telah dihasilkan dan telah dipublikasikan, Rumus kecepatan chezy. Menentukan kecepatan sesuai koefisien kekasaran Manning dapat di lihat pada tabel 1. Kekasaran koefisien manning. Saluran yang berbentuk persegi panjang terbuat dari besi maka nilai  $n = 0.014$ . Penentuan dua cara kecepatan ini untuk melihat korelasi secara sistematis dapat dilihat pada tabel berikut:

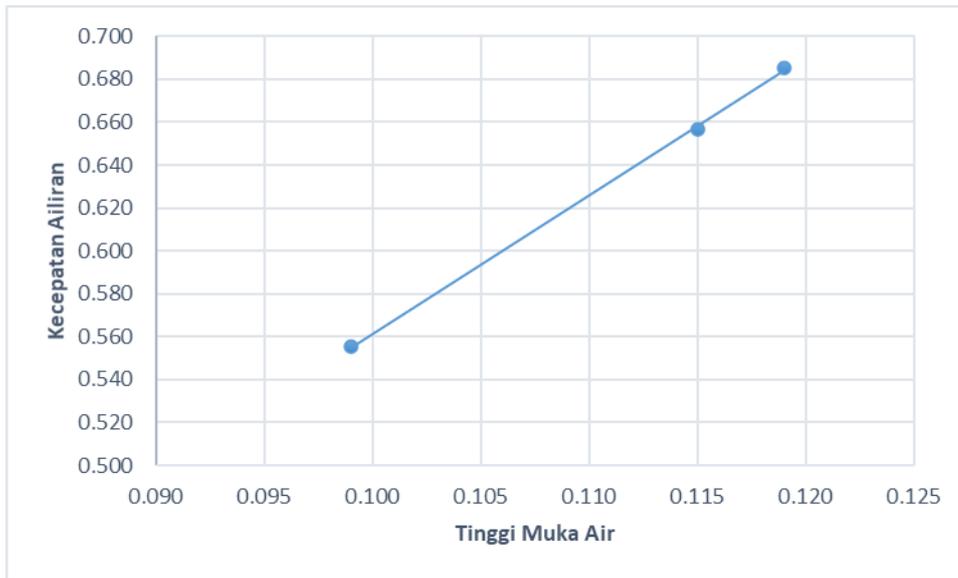
**Tabel 5.** Analisis kecepatan aliran (chezy) pada bangunan pelimpah segi tiga

Debit Aliran (m <sup>3</sup> /det)	Jari-jari Hirolis (A/P) (m)	Kekasaran Manning (n)	Koefisien Chesy (R <sup>1/6</sup> /n) (m/det)	Kecepatan Aliran (C√R * S) (m/det)
Q1 = 0.0094	0,0428	0,0140	3,0576	0,555
	0,0428	0,0140	3,0576	0,555
	0,0428	0,0140	3,0576	0,555
<b>rata-rata</b>	<b>0,0428</b>	<b>0,0140</b>	<b>3,0576</b>	<b>0,555</b>
Q2 = 0.0131	0,0479	0,0140	3,4204	0,657
	0,0479	0,0140	3,4204	0,657
	0,0479	0,0140	3,4204	0,657
<b>rata-rata</b>	<b>0,0479</b>	<b>0,0140</b>	<b>3,4204</b>	<b>0,657</b>
Q3 = 0.0143	0,0492	0,0140	3,5176	0,685
	0,0492	0,0140	3,5176	0,685
	0,0492	0,0140	3,5176	0,685
<b>rata-rata</b>	<b>0,0492</b>	<b>0,0140</b>	<b>3,5176</b>	<b>0,685</b>

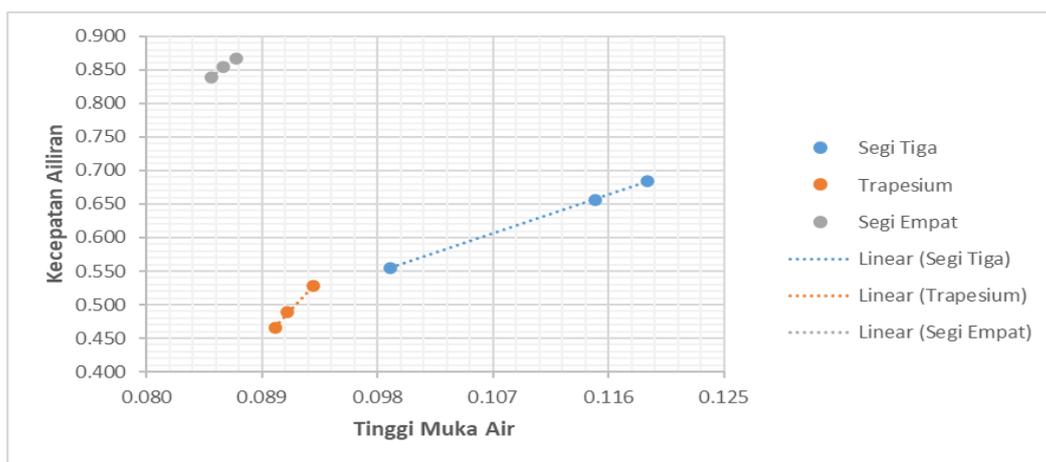
Dari tabel menunjukkan hasil yang signifikan dengan korelasi yang searah, nilai terbesar pada debit Q3 yaitu 0.685 m/det dan terendah pada Q1 yaitu 0.555 m/det. Sehingga pengaruh besar kecilnya.

Hasil penelitian yang dilakukan pada Saluran pelimpah. Saluran yang mengalami perubahan penampang saluran dari saluran bentuk trapezium sepanjang 0.77 m berubah

bentuk penampang saluran pelimpah segi tiga sebesar 0.043 m, saluran pelimpah trapezium sebesar 0.045 m/det. Saluran pelimpah segi empat sebesar 0.065 m/det. Perubahan bentuk penampang saluran akan mengakibatkan perubahan sifat karakteristik aliran sepanjang saluran. Perubahan karakteristik terhadap bangunan hidraulis.



**Gambar 2.** Hubungan Kecepatan Aliran dan Tinggi Muka Air pada bangunan pelimpah segi tiga



**Gambar 3.** Grafik Kecepatan dan Tinggi Muka Air pada bentuk pelimpah segi tiga, trapezium dan segi empat

Pada dasarnya untuk setiap garis arus yang berada didalam suatu penampang akan mempunyai tinggi kecepatan yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh besarnya kecepatan yang berbeda-beda atau dapat dikatakan bahwa pembagian kecepatan tidak seragam hal ini dapat memengaruhi besar dari energi spesifik pada tiap-tiap penampang.

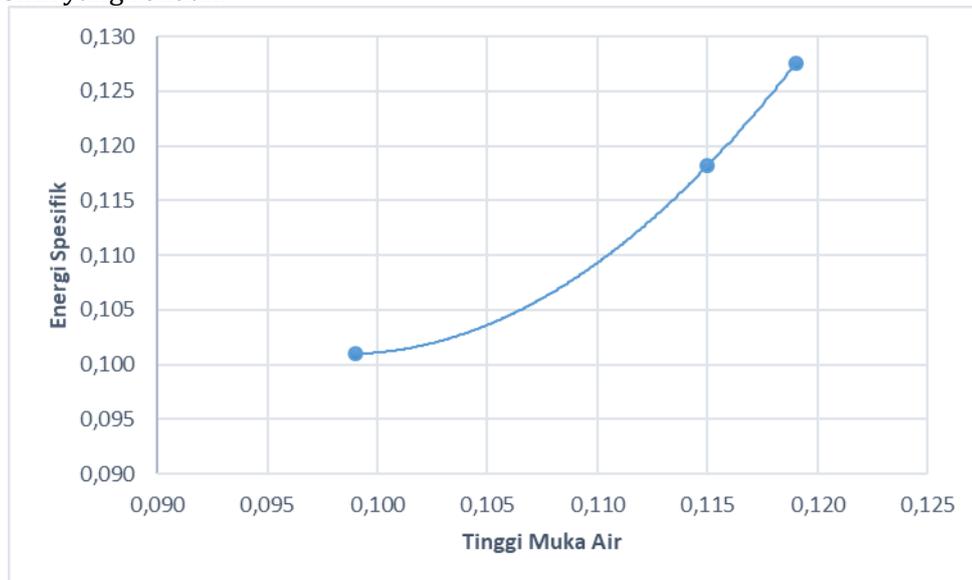
Energi spesifik adalah tinggi tenaga pada sembarang tampang diukur dari dasar saluran, atau tenaga pada setiap berat satuan air pada sembarang tampang diukur dari dasar daluran. Seperti yang telah dijelaskan paada bab sebelumnya bahwa tujuan dan poin dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kehilangan energi yang terjadi akibat dari adanya penyempitan dengan bukaan yang bervariasi. Sebelum mengetahui nilai kehilangan energi, perlu diketahui terlebih dahulu nilai dari energi spesifik pada area hulu, bangunan peralihan dan area penyempitan saluran.

**Tabel 6.** Analisis energi spesifik bangunan pelimpah segi tiga

Debit Aliran (m <sup>3</sup> /det)	Tinggi Muka Air (h) (m)	Kecepatan Aliran (m/det)	Percepatan gravitasi (m/det <sup>2</sup> )	Energi Spesifik (E) (V <sup>2</sup> /2.g) + h
Q1 = 0.0094	0,099	0,555	9,81	1,609
	0,099	0,555	9,81	1,609
	0,099	0,555	9,81	1,609
<b>rata-rata</b>	<b>0,099</b>	<b>0,555</b>		<b>1,609</b>
Q2 = 0.0131	0,115	0,657	9,81	2,229
	0,115	0,657	9,81	2,229
	0,115	0,657	9,81	2,229
<b>rata-rata</b>	<b>0,115</b>	<b>0,657</b>		<b>2,229</b>
Q3 = 0.0143	0,119	0,685	9,81	2,301
	0,119	0,685	9,81	2,301
	0,119	0,685	9,81	2,301
<b>rata-rata</b>	<b>0,119</b>	<b>0,685</b>		<b>2,301</b>

Besar nilai energi spesifik sangat dipengaruhi oleh tinggi muka air, nilai tinggi muka air yang besar akan menghasilkan nilai energi spesifik yang besar pula.

Begitupula sebaliknya, apabila nilai tinggi muka air rendah maka akan menghasilkan nilai energi spesifik yang rendah.

**Gambar 4** , Hubungan Energi Spesifik dan Tinggi Muka Air pada bangunan pelimpah segi tiga

#### D. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan analisis data pengukuran di saluran dapat disimpulkan bahwa aliran air akan mengalami perubahan ketinggian akibat adanya bangunan pelimpah dan berpengaruh terhadap karakteristik alirannya. Aliran pada daerah hulu merupakan aliran sub kritis ( $FR < 1$ ) kemudian menjadi kritis ( $FR = 1$ ) pada saat berada di atas bangunan pelimpah. Setelah melewati bangunan pelimpah maka aliran menjadi super kritis ( $FR > 1$ ) dan berangsur-angsur menjadi normal kembali pada saat berada di daerah hilir.

Energy spesifik sangat berpengaruh terhadap besarnya kecepatan dan tinggi muka air yang terjadi. Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan tiga variasi debit ( $Q1 = 0.0134 \text{ m}^3/\text{dtk}$ ,  $Q2 = 0.0143 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dan  $Q3 = 0.0159 \text{ m}^3/\text{dtk}$ ). Semakin tinggi debit pengaliran maka perubahan energy spesifiknya akan semakin besar. Pada penelitian ini,

#### Saran

Dalam pengukuran kecepatan aliran dan tinggi muka air agar dilakukan dengan teliti lagi agar mendapatkan hasil yang lebih akurat

1. Untuk penyempurnaan dan pengembangan penelitian ini, penelitian selanjutnya disarankan untuk memakai current meter untuk menentukan kecepatan yang lebih akurat.
2. Untuk pengukuran kecepatan yang menggunakan pelampung bola pimpong diperhatikan.

## E. Referensi

- Ali, M. Y., Husaiman., & Nur, M. I. (2018). Karakteristik Aliran Pada Bangunan Pelimpah Tipe Ogee. *Jurnal Teknik Hidro*, 11(1), 1-11
- Binilang, A. (2014). Perilaku hubungan antar parameter hidrolis air loncatan melalui pintu sorong pada saluran terbuka. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
- Chow, V. T. (1992). Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulic). Erlangga : Jakarta.
- Chow, V.T. (1959). Open-channel hydraulics. McGraw-Hill, NY.
- Darmulia, Analisis Karakteristik Aliran Melalui Saluran Terbuka Menyempit Dengan Hidayah, S., & Dermawan, V. (2015). Uji proporsionalitas debit bangunan bagi tipe numbak. *Jurnal Irigasi*, 10(2), 69-82.
- Junaidi, F. F. (2014). *Analisis distribusi kecepatan aliran sungai musi (ruas jembatan ampera sampai dengan pulau kemaro)* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Purnama, A., dkk. (2018). Karakteristik aliran pada belokan saluran terbuka pada uji model hidraulik fisik bendungan karalloe.
- Raju, R. (1981). *Studi Pengaruh Energi specific Terhadap Kecepatan Aliran* (Doctoral dissertation, Tesis Teknik Sipil Sriwijaya Indonesia).
- Saleh, S. S., Musa, R., & As' ad, H. (2019). Kajian Karakteristik Aliran Terhadap Bangunan Pelimpah Pada Saluran Terbuka. *Teknik hidro*, 12(2), 40-52.
- Sapani, A. (2022). Kajian karakteristik aliran terhadap sluran transisi dan saluran peluncur pada uji model hidraulik fisik bendungan karalloe.
- Sarwono, S. (2016). Studi karakteristik gerusan lokal pada beberapa tipe pilar jembatan. *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, 12(1), 89-104.
- Soemarwoto, O. (1985). A quantitative model of population pressure and its potential use in development planning. *Majalah Demografi Indonesia*, 12(24), i-1.
- Suhudi, S., & Pandawa, A. P. A. (2022). Analisis Energi Spesifik Pada Saluran Terbuka Dengan Penambahan Variasi Panjang Ambang Lebar. *Jurnal Qua Teknika*, 12(01), 25-44.
- Triatmodjo, B. (1996). "*Hidraulika II*", Edisi kedua, Beta Offset, Yogyakarta.