

---

Suhudi<sup>(1)</sup>, Arga Pandawa<sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI  
PANJANG AMBANG LEBAR**

Suhudi<sup>1)</sup>, Arga Pandawa<sup>2)</sup>

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi

Alamat : Jl. Telaga Warna Tlogomas Malang Jawa Timur 65144

e-mail: [suhudisuhudi@yahoo.co.id](mailto:suhudisuhudi@yahoo.co.id) No. HP 0818-531-512

---

**ABSTRAK**

Aliran saluran terbuka adalah aliran di saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Kajian tentang perilaku aliran dikenal dengan mekanika fluida (*fluid mechanics*). Salah satu klasifikasi aliran melalui saluran terbuka disebut seragam (*uniform*) yaitu apabila berbagai jenis aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap tampang di sepanjang aliran adalah konstan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi dari pengaruh panjang ambang lebar terhadap energi spesifik yang dihasilkan. Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mencatat hasil volume (V), waktu (T), tinggi air di hulu (h) dan di hilir (h') pada tabung hidrolis. Data yang sudah didapatkan kemudian akan dilanjutkan ke tahap analisa data. Analisa yang dimaksud adalah untuk mendapatkan Q (debit), h (hulu) dan h' (penambahan ambang dengan variasi lebar 10 cm, 20 cm, dan 30 cm). Setelah itu dianalisa untuk mendapatkan bilangan Froude, energi spesifik dan jenis aliran yang terjadi akibat ambang. Penelitian ambang lebar saluran terbuka dengan menggunakan 3 variasi debit ( $4,62 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$ ;  $3,24 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$ ;  $1,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$ ) dan 3 variasi ambang (panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm). Hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa bentuk penampang ambang lebar yang menghasilkan aliran yang efisiensi yaitu ambang lebar dengan panjang 10 cm pada aliran  $Q_3$  ditinjau dari bilangan Froude  $< 1$  yaitu : 0,210 dan kehilangan energi lebih kecil yaitu : 0,068 dan termasuk kategori aliran subkritis.

*Kata kunci : energ spesifik, panjang ambang lebar, aliran saluran terbuka*

**ABSTRACT**

An open channel is a channel through which water flows with a free water level. The study of flow behavior is known as fluid mechanics. The classification of flow through an open channel is called uniform (uniform), that is, when the various types

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

of flow such as depth, wet face, velocity and discharge at each face along the flow are constant. This is to determine the condition of the effect of the wide threshold length on the specific energy produced. Data collection is done by recording the results of volume (V), time (T), water level upstream (h) and downstream (h') on hydraulic tubes. The data that has been obtained will then proceed to the data analysis stage. The analysis in question is to obtain Q (discharge), h (upstream) and h' (additional thresholds with a wide variation of 10 cm, 20 cm, and 30 cm). After that, it is analyzed to get Froude's number, specific energy and type of flow that occurs due to the threshold. Research the threshold of open channel width using 3 variations of discharge ( $4.62 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s;  $3.24 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s;  $1.78 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s) and 3 variations of the threshold (length 10 cm, 20 cm, and 30 cm). The results of the discussion can be concluded that the cross-sectional shape of the wide threshold that produces efficient flow is a wide threshold with a length of 10 cm in Q3 flow in terms of the Froude number 1, namely: 0.210 and the energy loss is smaller, namely: 0.068 and belongs to the category of subcritical flow.

*Key word: specific energy, wide threshold length, open channel flow*

## **PENDAHULUAN**

Alat ukur ambang lebar adalah bangunan aliran atas (*over flow*), untuk ini tinggi energi hulu lebih kecil dari panjang mercu. Karena pola aliran diatas alat ukur ambang lebar dapat ditangani dengan teori hidrolika yang sudah ada sekarang, maka bangunan ini bisa mempunyai bentuk yang berbeda-beda, sementara debitnya tetap serupa. (*KP-04 Bagian Bangunan*)

Bangunan ukur biasanya difungsikan pula sebagai bangunan pengontrol. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan taraf muka air yang direncanakan dan untuk mengalirkan air dengan debit tertentu sesuai kebutuhan. (*K.G Ranga Raju, 1986*). Debit yang mengalir pada suatu penampang terbuka lebih mudah diamati dibanding debit pada penampang tertutup, namun untuk analisisnya justru kebalikannya. Faktanya, debit

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

yang mengalir di suatu sungai lebih sulit diamati daripada debit yang mengalir dalam suatu pipa (saluran tertutup) (*Triatmodio, 1993*).

Pembendungan aliran akan menyebabkan perbedaan elevasi muka air antara hulu dan hilir bendung cukup besar, sehingga mengakibatkan adanya terjunan dan terjadi perubahan energi yang cukup besar ketika air melewati mercu bendung. Akibatnya, aliran akan mengalami kejut-normal atau loncatan hidraulik yaitu suatu aliran yang mengalami perubahan dari aliran super kritis menjadi sub kritis (*Frank M, White, 2001*) dalam (*Fitriana, N. 2014*).

Karakteristik aliran dengan adanya ambang lebar sebelum, sedang, dan sesudah melewati ambang lebar masing-masing memiliki kecenderungan tersendiri dengan menggunakan skala model alat ukur debit ambang lebar yaitu dengan mengasumsikan bahwa bilangan Froude yang terjadi pada model sama dengan bilangan Froude yang terjadi pada kondisi di lapangan, hubungan antara karakteristik dapat menimbulkan perbedaan dengan variasi ambang. Sehingga dengan demikian skala debit, waktu, kecepatan dan volume akan dapat mewakili kondisi sesungguhnya di lapangan.

**Aliran tunak (*steady flow*)**

Aliran tunak (*steady flow*) terjadi jika kedalaman aliran tidak berubah atau selalu dalam keadaan konstan pada selang waktu tertentu. Untuk menentukan debit aliran ( $Q$ ) pada suatu penampang saluran dapat dirumuskan sebagai  $Q = V \cdot A$

Dengan  $V$  adalah kecepatan rata-rata dan  $A$  adalah luas penampang melintang tegak lurus terhadap arah aliran. Pada aliran tunak, disimpulkan bahwa debit aliran dianggap konstan di sepanjang saluran yang bersifat kontinyu. Maka persamaan (2.1) diubah menjadi :

$$Q = V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2$$

**Aliran seragam (*uniform flow*)**

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

Aliran seragam merupakan aliran dengan kecepatan rata-rata sepanjang alur aliran adalah sama sepanjang waktu. Aliran dikatakan seragam, jika kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Di dalam aliran seragam, dianggap bahwa aliran adalah mantap dan satu dimensi yang berarti kecepatan aliran di setiap titik pada tampang lintang tidak berubah, misalnya aliran melalui saluran irigasi yang sangat panjang dan tidak ada perubahan penampang. Pada umumnya aliran seragam pada saluran terbuka dengan tampang lintang prismatik adalah aliran dengan kecepatan konstan dan kedalaman air konstan. Di samping itu permukaan aliran sejajar dengan permukaan dasar saluran, sehingga kecepatan dan kedalaman aliran disebut dalam kondisi seimbang (*kondisi equilibrium*).

**Aliran tak seragam (*vared flow*)**

Aliran tak seragam adalah kedalaman dan kecepatan aliran disepanjang saluran tidak konstan, garis tenaga tidak sejajar dengan garis muka air dan dasar saluran. Analisis aliran tak seragam biasanya bertujuan untuk mengetahui profil aliran disepanjang saluran atau sungai. Analisis ini banyak dilakukan dalam perencanaan perbaikan sungai atau penanggulangan banjir, elevasi jembatan dan sebagainya. Dalam hal ini analisis aliran menjadi jauh lebih mudah dan hasil hitungan akan lebih aman, karena debit yang diperhitungkan adalah debit puncak yang sebenarnya terjadi sesaat tetapi dalam analisis ini dianggap terjadi dalam waktu yang lama. **Aliran Pada Mercu Ambang Lebar**

Alat ukur ambang lebar adalah bangunan aliran atas (*over flow*), untuk ini tinggi energi hulu lebih kecil dari panjang mercu. Karena pola aliran di atas alat ukur ambang lebar dapat ditangani dengan teori hidrolika yang sudah ada sekarang, maka bangunan ini bias mempunyai bentuk yang berbeda-beda, sementara debitnya tetap serupa.

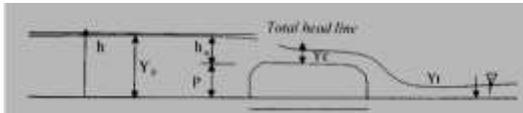
Dalam kondisi kenyataan di lapangan, ambang ini berguna untuk meninggikan muka air di sungai atau pada saluran irigasi sehingga dapat mengairi areal persawahan

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

yang luas. Selain itu, ambang juga dapat digunakan mengukur debit air yang mengalir pada saluran terbuka.



Gambar 1. Pola aliran diatas ambang lebar

Keterangan:

$Q$  = debit aliran ( $m^3/dt$ )

$H$  = tinggi tekanan total hulu ambang =  $Y_o + (V_2/2g)$

$P$  = tinggi ambang (m)

$Y_o$  = kedalaman hulu ambang (m)

$Y_c$  = tinggi muka air di atas hulu ambang (m)

$Y_t$  = tinggi muka air setelah hulu ambang (m)

$H_u$  = tinggi muka air di atas hilir ambang =  $Y_o - P$  (m)

Pada saat melewati ambang biasanya aliran akan berperilaku sebagai aliran kritis, selanjutnya aliran akan mencari posisi stabil. Pada kondisi tertentu misalkan dengan adanya terjunan atau kemiringan saluran yang cukup besar, setelah melewati ambang aliran dapat pula berlaku sebagai aliran super kritis.

Rumus untuk menghitung debit

$$Q = Cd \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} g \cdot b \cdot H^{1/5}}$$

Keterangan :

$Cd$  = koef.debit (1,03 untuk ambang lebar)

$g$  = percepatan Gravitasi ( $9,81 m/s^2$ )

$b$  = lebar ambang (m)

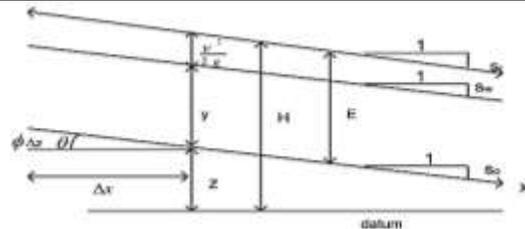
$H$  = tinggi Air dari atas ambang sampai permukaan air (m)



Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44



Gambar 3. Parameter energi spesifik

(Sumber ;Robert.J.K. 2002)

Dasar saluran diasumsikan mempunyai kemiringan landai atau tanpa kemiringan. Z adalah ketinggian dasar diatas garis sreferensi yang dipilih, h adalah kedalaman aliran, dan faktor koreksi energi ( $\alpha$ ) dimisalkan sama dengan satu. Energi spesifik aliran pada setiap penampang tertentu dihitung sebagai total energi pada penampang itu dengan menggunakan dasar saluran sebagai referensi (Rangga Raju,

1981). Persamaan energi secara umum adalah  $H = z + h \cos \theta \frac{v^2}{2g}$

sehingga persamaan energi untuk saluran datar ( $\theta = 0$ ), adalah:

$$E = \frac{v^2}{2g} + h$$

Berhubung  $Q = v \times A$ , maka rumus energi spesifik menjadi:

$$E = \frac{Q^2}{2g A^2} + h$$

Keterangan :

H = tinggi energi (m),

z = tinggi suatu titik terhadap bidang referensi (m)

$\alpha$  = koefisien energi, pada perhitungan selanjutnya  $\alpha = 1$

E = energi spesifik (m)

h = kedalaman aliran (m)

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

v = kecepatan aliran rata-rata (m/dt)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

g = percepatan gravitasi (m/dt)

Q = debit (m<sup>3</sup>/dt)

### **Kehilangan Energi**

Kehilangan energi menurut Bernoulli dapat terjadi karena adanya gesekan antara zat cair dan dinding batas (*hf*) atau karena adanya perubahan tampang lintang aliran (*he*). Menurut prinsip kekekalan energi, jumlah tinggi energi pada penampang 1 di hulu akan sama dengan jumlah tinggi energi pada penampang 2 di hilir akan sama dengan jumlah tinggi *hf* antara kedua penampang dan dinyatakan dengan persamaan energi dari Bernoulli :

$$z_1 + d_1 + \frac{v_1^2}{g} = z_2 + d_2 + \frac{v_2^2}{g} + hf$$

Keterangan :

z<sub>1</sub> = tinggi titik A di atas bidang persamaan pada penampang 1 (m)

d<sub>1</sub> = dalamnya titik A di bawah muka air diukur sepanjang penampang 1 (m)

v<sub>1</sub> = kecepatan rata-rata aliran melalui A pada penampang 1 (m/dt)

z<sub>2</sub> = tinggi titik A di atas bidang persamaan pada penampang 2 (m)

d<sub>2</sub> = dalamnya titik A di bawah muka air diukur sepanjang penampang 2 (m)

v<sub>2</sub> = kecepatan rata-rata aliran melalui A pada penampang 2 (m/dt)

g = percepatan gaya gravitasi bumi (m/dt<sup>2</sup>)

hf = kehilangan tekanan akibat gesekan (m)

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

## **METODE PENELITIAN**

Tiga variasi debit ( $Q$ ), penambahan ambang dengan variasi lebar 10 cm, 20 cm, dan 30 cm di tengah saluran dengan syarat  $\Delta H > 1/3h$

### **Langkah Kerja** (Suhudi, 2004)

Langkah kerja dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ukur tinggi ( $p$ ), panjang ( $L$ ) dan lebar alat ukur pelimpah ambang lebar dengan menggunakan penggaris.
2. Pasang alat ukur pelimpah ambang lebar dengan kuat di saluran pada posisi alat yang ditentukan.
3. Tentukan posisi pengamatan yang dilakukan pada saluran yang dilakukan pada posisi pengamatan pada bagian hulu ambang lebar dan posisi pengamatan pada bagian hilir ambang lebar.
4. Alirkan sebuah harga debit dengan menentukan tombol on pada motor listrik dan atur kutub pengatur aliran, kemudian tunggu sebentar sampai aliran dalam keadaan konstan.
5. Ukur kedalaman aliran pada posisi yang telah ditentukan dengan menggunakan meter taraf dimana dasar untuk setiap posisi pengamatan sama dengan nol.
6. Tentukan kecepatan aliran dengan menggunakan currnet meter untuk setiap posisi pengamatan yang telah ditentukan. Pengukuran dilakukan pada bagian tengah, artinya letak baling-baling currnet meter pada 0,6 kedalaman aliran dari muka air.
7. Ulangi langkah 5 dan 6 untuk kondisi debit yang berlainan dengan memutar kutub pengatur aliran, namun terlebih dahulu tunggu sebentar sampai aliran dalam keadaan konstan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

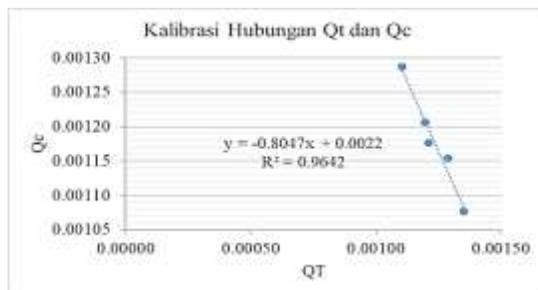
**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

Nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Berikut adalah data pengukuran untuk kalibrasi debit pada Laboratorium Hidrolika Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

Tabel 1. Data pengukuran untuk kalibrasi debit

Titik	Posisi	h (cm)	b (cm)	v (m/dt)	Q (m <sup>3</sup> /dt)
1	50	5.70	15	0.126	0.00108
2	100	5.30	15	0.148	0.00118
3	290	5.20	15	0.148	0.00115
4	340	5.50	15	0.156	0.00129
5	400	6.00	15	0.134	0.00121
			Q rata-rata		0.00118



Gambar 4. Hubungan antara debit current meter dan tampungan

(Sumber : Analisa)

**Pengukuran dan Perhitungan Debit**

Penelitian ini menggunakan 3 variasi debit yaitu debit besar ( $Q_1$ ), debit sedang ( $Q_2$ ) dan debit kecil ( $Q_3$ ). Menurut Chow 1992, nilai debit didapatkan dengan perkalian antara kecepatan dan luas saluran seperti pada rumus berikut.

$$Q = v \cdot A = v \cdot b \cdot h$$

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

Keterangan :

Q = debit, ( $m^3/dt$ )

v = kecepatan aliran rata-rata, (m/dt)

h = kedalaman aliran, (m)

b = lebar dasar saluran,(m)

A = luas penampang aliran, ( $m^2$ )

Untuk mendapatkan nilai v, b dan h maka dilakukan pengukuran pada titik yang telah ditentukan di sepanjang saluran. Saluran yang ada di Laboratorium Hidrolika Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang memiliki lebar 15 cm dan panjang 4,20 m. Pengukuran dilakukan di 5 titik pada posisi 50, 100, 290, 340 dan 400. Alat yang digunakan dalam pengukuran yaitu *current meter* dan *point gauge*. *Current meter* digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan. Pengukuran kecepatan dilakukan selama 10 detik. *Point Gauge* digunakan untuk mengukur ketinggian air dari dasar saluran. Setelah semua data pengukuran didapatkan maka dilakukan perhitungan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. Varian pengukuran debit

Debit Besar	Q <sub>1</sub>	0.00462
Debit Sedang	Q <sub>2</sub>	0.00324
Debit Kecil	Q <sub>3</sub>	0.00178

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

Pengukuran dan pengamatan dilakukan melalui 3 variasi debit dan 3 variasi ambang lebar dengan panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm, ditambah dengan 1 kondisi *free flow* dari setiap debit. Hal yang diukur dan diamati yaitu tinggi muka air (h), kecepatan (v) aliran di atas ambang dan sesudah ambang. Pengukuran dan pengamatan dilakukan pada 23 titik di setiap posisi yang telah ditentukan. Ke 23 titik tersebut berada pada posisi 150 – 260 dan posisi ambang lebar berada pada posisi 170 – 200

**Hasil Pengukuran dan Pengamatan Q<sub>1</sub>**

Debit yang digunakan untuk debit terbesar atau Q<sub>1</sub> adalah 4,62 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/det. Hasil pengukuran Q<sub>1</sub> terhadap kondisi *free flow*, ambang lebar dengan panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3. Data Pengukuran untuk Debit Besar (Q<sub>1</sub>)**

Titik	Posisi	Free Flow		Ambang 10		Ambang 20		Ambang 30	
		h (cm)	v (m/det)	h (cm)	v (m/det)	h (cm)	v (m/det)	h (cm)	v (m/det)
1	150	10	0,34	17,7	0,16	17,6	0,16	17,7	0,16
2	155	10	0,32	17,7	0,16	17,5	0,16	17,7	0,16
3	160	10	0,34	16,9	0,18	17,5	0,16	17,7	0,18
4	165	10	0,34	16,8	0,176	17,3	0,16	17,5	0,176
5	170	10	0,32	15,6	0,26	16,7	0,56	16,9	0,26
6	175	10	0,32	14,4	0,54	15,5	0,58	15,8	0,54
7	180	10	0,34	13,5	0,66	14,3	0,64	14,5	0,66
8	185	10	0,34	5,9	0,78	14	0,7	14	0,78
9	190	10	0,32	6,2	0,98	14	0,74	13,3	0,98
10	195	10	0,3	7,2	0,42	13,6	0,8	5,9	0,42
11	200	10	0,304	8	0,366	13	0,872	5	0,366
12	205	10	0,32	8,5	0,9	7	0,148	6,6	0,9
13	210	10	0,3	9	0,66	5	0,96	8	0,66
14	215	10	0,32	9	0,5	6,5	0,78	8,5	0,5
15	220	10	0,32	9	0,402	7,5	0,72	9	0,402

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

16	225	10	0,32	9,5	0,394	8	0,66	9	0,394
17	230	10	0,34	9,5	0,26	8	0,56	9,5	0,26
18	235	10	0,32	9,5	0,254	9	0,512	9,5	0,254
19	240	10	0,3	9,5	0,3	9	0,4	9,5	0,3
20	245	10	0,32	9,5	0,218	9,5	0,302	10	0,218
21	250	10	0,3	9,5	0,246	9,5	0,24	10	0,246
22	255	10	0,3	9,5	0,2	10	0,26	10	0,2
23	260	10	0,302	9,5	0,216	10	0,2	10	0,216

(Sumber: Pengukuran dan perhitungan)

Pada tabel di atas dapat diamati bahwa pada saat kondisi aliran *free flow* maka ketinggian air dan kecepatannya adalah konstan. Pada saat aliran melewati ambang lebar dengan panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm maka tinggian muka air dan kecepatannya berubah disetiap ambang yang digunakan dengan ukuran yang berbeda.

### **Profil Muka Air**

Untuk menggambarkan profil muka air diperlukan data tinggi air. Tinggi air didapat dari pengukuran menggunakan alat *point gauge* dan penggaris dari dasar saluran. Pengukuran dilakukan 23 titik di setiap posisi yang telah ditentukan. Dari 23 titik tersebut berada pada posisi 150 – 400 dan ambang lebar saluran berada pada posisi 170 – 200. Profil muka air dapat dilihat dalam bentuk gambar antara titik yang telah ditentukan dan tinggi air (h). Oleh karena itu maka berikut ini tinggi muka air pada 3 debit dengan 3 variasi bentuk ambang lebar dengan panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm. Profil muka air menggambarkan kondisi dengan keadaan aliran ambang(L) 10 cm  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  maka dapat dilihat dengan bentuk gambar tinggi muka air (h) sebagai berikut.

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

**Tabel 4. Ketinggian muka air untuk lebar ambang (L) 10 cm**

Titik	Posisi	hA10Q1	hA10Q2	hA10Q3
1	150	17,7	15,5	14,4
2	155	17,7	15,5	14,4
3	160	16,9	15,5	14,3
4	165	16,8	15,5	14
5	170	15,6	14,9	13,9
6	175	14,4	13,4	12,5
7	180	13,5	12	11,6
8	185	5,9	6	4,5
9	190	6,2	6,5	5
10	195	7,2	7	6
11	200	8	7	6
12	205	8,5	7,5	6,5
13	210	9	7,5	6,5
14	215	9	7,5	6,5
15	220	9	8	6,5
16	225	9,5	8	6,7
17	230	9,5	8	6,7
18	235	9,5	8	7
19	240	9,5	8	7
20	245	9,5	8	7
21	250	9,5	8	7
22	255	9,5	8	7
23	260	9,5	8	7

Pada saat profil muka air dengan ambang lebar panjang 10 cm dapat dilihat pada gambar 4.2 dengan kondisi debit yang berbeda  $Q_1, Q_2$ , dan  $Q_3$  kondisi profil muka air dengan debit yang berbeda, debit ke-1 ( $Q_1$ ) = 4,62 m<sup>3</sup>/dt, debit ke-2 ( $Q_2$ ) = 3,24 m<sup>3</sup>/dt, dan debit ke-3 ( $Q_3$ ) = 1,78 m<sup>3</sup>/dt.

#### **Hasil Perhitungan Dan Analisis Bilangan Froude**

Aliran dikatakan kritis apabila bilangan Froude (F) sama dengan satu (1), sedangkan aliran disebut subkritis atau kadang-kadang dinamakan aliran tenang (*trianguil flow*) apabila  $F < 1$  dan disebut superkritis atau aliran cepat (*rapid flow*) apabila  $F > 1$ . Perbandingan kecepatan aliran dengan gaya gravitasi (per satuan volume) dikenal sebagai bilangan Froude dan dapat dirumuskan sebagai berikut (Rangga Raju, 1986):

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknik*, (2022), 12(1): 25-44

---

$$F = v / \sqrt{gL}$$

Keterangan:

F = bilangan Froude,

v = kecepatan rata-rata aliran (m/dt),

g = percepatan gravitasi (m<sup>2</sup>/dt),

L = panjang karakteristik (m).

Pada aliran terbuka biasanya digunakan kedalaman hidraulis D sebagai panjang karakteristik, sehingga F dapat ditulis sebagai:

$$F = v / \sqrt{gD}$$

Contoh:

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 1 saat sebelum ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$F = \frac{4,62 \times 10^{-3}}{\sqrt{9,81 \times 14,4 \times 10^{-2}}} = 0,097 < 1 \quad \rightarrow \text{aliran subkritis}$$

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 9 saat melewati ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$F = \frac{4,62 \times 10^{-3}}{\sqrt{9,81 \times 12,2 \times 10^{-2}}} = 1,257 > 1 \quad \rightarrow \text{aliran superkritis}$$

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 16 saat melewati ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$F = \frac{4,62 \times 10^{-3}}{\sqrt{9,81 \times 9,5 \times 10^{-2}}} = 0,408 < 1 \quad \rightarrow \text{aliran subkritis}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui apabila pada saat aliran sebelum ambang lebar dengan panjang 10 cm jenis aliran adalah subkritis, pada saat melewati ambang aliran berubah menjadi superkritis dan pada saat setelah melewati ambang aliran berubah menjadi subkritis kembali.

Berikut ini Bilangan Froude pada 3 variasi debit dengan 3 variasi bentuk ambang lebar dengan panjang 10 cm Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, ambang dengan panjang 20 cm, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, dan ambang lebar dengan panjang 30 cm, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> sebagai berikut.

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

**Bilangan Froude pada 3 variasi debit dengan panjang ambang 10 cm, 20 cm dan 30 cm.**

Bilangan Froude pada ambang (L) 10 cm  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ , pada bentuk ambang (L) 10 cm dapat dilihat berikut.

**Tabel 5. Bilangan Froude untuk lebar ambang (L) 10 cm**

Titik	Posisi	BFA10Q1	BFA10Q2	BFA10Q3
1	150	0,121	0,097	0,084
2	155	0,121	0,097	0,084
3	160	0,140	0,114	0,084
4	165	0,137	0,130	0,085
5	170	0,210	0,314	0,176
6	175	0,454	0,541	0,340
7	180	0,574	0,535	0,416
8	185	1,025	0,808	0,314
9	190	1,257	0,676	0,300
10	195	0,500	0,410	0,310
11	200	0,413	0,483	0,240
12	205	0,986	0,396	0,188
13	210	0,702	0,350	0,150
14	215	0,532	0,233	0,225
15	220	0,428	0,316	0,173
16	225	0,408	0,248	0,141
17	230	0,269	0,203	0,173
18	235	0,263	0,226	0,203
19	240	0,311	0,178	0,210
20	245	0,226	0,296	0,217
21	250	0,255	0,289	0,232
22	255	0,207	0,271	0,145
23	260	0,224	0,260	0,133

(Sumber: Pengukuran dan perhitungan)

**Hasil Perhitungan dan Analisis Energi Spesifik**

Energi spesifik adalah tenaga tiap satuan berat air pada sembarang tampang diukur dari dasar saluran atau tinggi tenaga pada sembarang tampang diukur dari dasar saluran. Dalam energi spesifik, debit aliran adalah konstan dan variasi kedalaman air

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

terjadi karena perubahan kekasaran, bentuk penampang saluran, kemiringan dasar atau kondisi di hulu dan hilir (Triatmodjo, 1993).

Rumus energi spesifik

$$E = \frac{Q^2}{2g} + h$$

Keterangan :

E = energi spesifik (m)

h = kedalaman aliran (m)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

g = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

Q = debit (m<sup>3</sup>/dt).

**Contoh:**

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 1 saat sebelum ambang lebar dengan panjang 10 cm: E =

$$\frac{4,62 \times 10^{-2}}{2 \times 9,81} + 17,7 \times 10^{-2} = 0,303$$

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 5 saat ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$E = \frac{4,62 \times 10^{-2}}{2 \times 9,81} + 1,5 \times 10^{-2} = 0,488$$

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 8 saat setelah ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$E = \frac{4,62 \times 10^{-2}}{2 \times 9,81} + 5,9 \times 10^{-2} = 3,043$$

**Energi Spesifik untuk Ambang Lebar dengan 3 variasi Debit**

Energi Spesifik pada ambang 10 cm Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, pada bentuk ambang 10 cm dapat dilihat pada berikut.

**Tabel 6. Energi Spesifik untuk lebar ambang (L) 10 cm**

---

Titik	Posisi	ESA10Q1	ESA10Q2	ESA10Q3
-------	--------	---------	---------	---------

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

1	150	0,303	0,226	0,193
2	155	0,303	0,226	0,193
3	160	0,328	0,251	0,193
4	165	0,320	0,281	0,189
5	170	0,488	0,857	0,347
6	175	1,574	2,019	0,818
7	180	2,272	1,770	1,083
8	185	3,043	1,945	0,287
9	190	0,698	1,495	0,266
10	195	0,937	0,637	0,338
11	200	0,716	0,855	0,226
12	205	4,058	0,642	0,175
13	210	2,227	0,516	0,136
14	215	1,316	0,271	0,224
15	220	0,883	0,465	0,158
16	225	0,856	0,317	0,131
17	230	0,427	0,239	0,163
18	235	0,411	0,276	0,208
19	240	0,536	0,202	0,219
20	245	0,328	0,417	0,229
21	250	0,392	0,401	0,251
22	255	0,291	0,363	0,141
23	260	0,324	0,339	0,129

(Sumber: Pengukuran dan perhitungan)

## SIMPULAN

Dari penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penelitian ambang lebar saluran terbuka dengan menggunakan 3 variasi debit ( $4,62 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ;  $3,24 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ;  $1,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ) dan 3 variasi ambang (panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm) adalah sebagai berikut.

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

- 1, Perilaku air pada saat melewati ambang ketinggian air (h) mengalami penurunan, Bilangan Froude mengalami kenaikan dan penurunan terjadi pada akhir ambang. Pada kedalaman hidraulis (D) sebagai panjang karakteristik air setelah ambang juga terjadi perubahan Bilangan Froude hingga akhirnya menjadi stabil.
2. Perubahan ketinggian air lebih besar terjadi pada saluran  $Q_1$  ambang lebar dengan panjang 30 cm, sedangkan bilangan Froude dan energi spesifik lebih besar terjadi pada saluran  $Q_1$  ambang lebar dengan panjang 20 cm, sedangkan kehilangan energi terbesar terjadi pada ambang lebar dengan panjang 10 cm pada aliran  $Q_1$
3. Dari hasil pengamatan didapatkan aliran dengan kondisi debit aliran yang menghasilkan aliran subkritis pada ambang lebar dengan panjang 10 cm pada aliran  $Q_2$  dan  $Q_3$  begitu juga pada ambang lebar dengan panjang 20 cm dan 30 cm.
4. Dari hasil pembahasan atau analisa data bentuk penampang ambang lebar yang menghasilkan aliran yang efisiensi yaitu ambang lebar dengan panjang 10 cm pada aliran  $Q_3$  ditinjau dari bilangan Froude  $< 1$  yaitu : 0,210 dan kehilangan energi lebih kecil yaitu : 0,068 dan termasuk kategori aliran subkritis.

## **REFERENSI**

- Binilang, A. (2010). *Karakteristik parameter hidrolis aliran melalui ambang pada saluran terbuka*. *TEKNO*, 8(53).
- Fitriana, N. (2014). *Analisis gerusan di hilir bendung tipe vluhter (uji model di laboratorium)* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Harianja, J. A., & Gunawan, S. (2007). Tinjauan Energi Spesifik Akibat Penyempitan Pada Saluran Terbuka. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta. Majalah Ilmiah UKRIM Edisi, 1*, 30-46.
- Kodoatie, R. J. (2002). Hidrolika terapan: aliran pada saluran terbuka dan pipa/oleh Robert J. Kodoatie.

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknik*, (2022), 12(1): 25-44

---

KP-04 Kementerian PU, Dirjen Sumber Daya Air, 2013, *Standar Perencanaan  
Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan.*

Mulyandari, R. (2010). Kajian Gerusan Lokal Pada Ambang Dasar Akibat Variasi Q  
(Debit), I (Kemiringan) dan T (Waktu).

Raju, K.G. Ranga. 1986. *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.

Risman, R., Warsiti, W., Mawardi, M., Martono, M., & Satriyadi, L. (2017). Kajian  
Perilaku Debit Alat Ukur Ambang Lebar Terhadap Profil Aliran. *Bangun  
Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan  
Humaniora*, 3(2, Oktober), 15-31.

Suhudi, (2004). *Buku Petunjuk Laboratorium Hidrolika Universitas Tribhuwana  
Tunggadewi Malang.*

Triatmodjo, B. (1993). *Hidrolika II. Yogyakarta: Beta Offset.*

Te Chow, V. (1991). *Aliran melalui saluran terbuka. Erlangga, Jakarta.*