

**PENGARUH KEHILANGAN ENERGI AKIBAT SALURAN TERBUKA DALAM MEDIA  
PROTOTYPE DENGAN KEMIRINGAN BERSUDUT  
STUDI LAPANGAN DI SALURAN IRIGASI DAM BAGO DI KECAMATAN BALUNG  
DESA MLOKOREJO**

Frisma Sugis Aribawa  
Fakultas Teknik; Universitas Muhammadiyah  
Email; [Frisma.frodo@gmail.com](mailto:Frisma.frodo@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Nowadays many factors can cause instability of water flow in open channel one of them from constriction with some contour of soil, garbage in channel, so that movement of water change at discharge, flow velocity, water level. This fact needs attention, this is the authors do research on cases that often occur in open channels with a variety of narrowing and varying discharge, research research is looking for energy loss on the open channel by using the prototype model as a varied angular narrowing and using the tool Measure Thompson V-notch discharge to support this research. The narrowing itself creates a loss of energy in an open channel at the speed of the water flow from upstream to downstream is one of the factors affecting the magnitude of energy value. The high flow speed is influenced by several factors including channel slope, channel width, water discharge and others. Referring to the law of continuity, the flow velocity may increase as the transition of the cross-section width narrows, the increased flow rate is expected to increase the specific energy value of the flow.*

*To observe the flow-specific energy changes, the physical model of the open channel by reducing the permeability has been made from the Muhammadiyah University of Jember. Channel with a width of 15 cm, in this experiment the width is narrowed at an angle of 60 placed at the point along the channel and the water discharge is passed at a rate of  $5.51 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{sec}$ . Measurements were made at the flow height in the narrowing section and before the narrowing, from the measurement results were then analyzed by using Froude number analysis to identify the flow type. From the same measurement at the discharge rate  $1.25 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{sec}$ ,  $2.20 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{sec}$ , and  $2.48 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{sec}$ . Each experiment was the same at a discharge of  $5.51 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{s}$  with narrowing at ranges of  $6^\circ$ ,  $9^\circ$ , and  $12^\circ$ .*

**Key words :** *The Narrowing Angles, Froude Number, Specific Energy, Open Channel*

**ABSTRAK**

Dewasa ini banyak sekali faktor yang dapat menimbulkan ketidakstabilan aliran air pada saluran terbuka salah satunya dari penyempitan dengan beberapa kontur tanah, sampah pada saluran, sehingga pergerakan air mengalami perubahan pada debit, kecepatan aliran, tinggi muka air. Kenyataan ini perlu mendapat perhatian, hal ini penulis melakukan riset mengenai kasus yang kerap terjadi pada saluran terbuka dengan adanya penyempitan yang bervariasi dan debit yang bervariasi, Riset penelitian ini mencari kehilangan energy pada saluran terbuka dengan menggunakan model prototype sebagai penyempitan bersudut yang bervariasi dan menggunakan alat ukur debit Thompson V-notch sebagai penunjang penelitian ini. Penyempitan itu sendiri menimbulkan kehilangan energi disuatu saluran terbuka pada kecepatan aliran air dari hulu hingga ke hilir merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya nilai energi. Tinggi rendahnya kecepatan aliran dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kemiringan saluran, lebar saluran, debit air dan lain-lainya. Mengacu pada hukum kontinuitas, kecepatan aliran dapat meningkat bila

terjadi peralihan lebar penampang semakin menyempit, bertambahnya kecepatan aliran ini diharapkan dapat meningkatkan nilai energi spesifik aliran.

Untuk mengamati perubahan energi spesifik aliran, model fisik dari saluran terbuka dengan mengurangi penampang telah dibuat dari Universitas Muhammadiyah Jember. Saluran dengan lebar 15 cm, pada eksperimen ini lebar dipersempit pada sudut  $6^0$  diletakan pada titik sepanjang saluran dan debit air disahkan pada tingkat  $5,51 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$ . Pengukuran dilakukan pada ketinggian aliran dibagian penyempitan dan sebelum penyempitan, dari hasil pengukuran kemudian dianalisis dengan menggunakan analisa bilangan Froude untuk mengidentifikasi jenis aliran. Dari pengukuran yang sama pada tingkat debit  $1,25 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$ ,  $2,20 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$ , dan  $2,48 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$ . Masing-masing eksperimen adalah sama pada debit  $5,51 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$  dengan penyempitan di mulai sudut  $6^0$ ,  $9^0$ , dan  $12^0$ .

**Kata kunci** : Penyempitan Bersudut, Bilangan Froude, Energi Spesifik, Saluran Terbuka.

## 1. PENDAHULUAN

### Latar belakang

Dalam keilmuan hidrologi terdapat dua macam saluran jika dilihat dari jenisnya, yaitu saluran terbuka dan saluran tertutup. Perbedaan mendasar dari dua jenis saluran tersebut adalah adanya permukaan bebas pada saluran terbuka, sedangkan pada saluran tertutup seluruh penampang dilewati cairan sehingga tidak ada permukaan bebas. Dengan demikian saluran terbuka pada umumnya mempunyai permukaan bebas yang terhubung langsung dengan atmosfer, sehingga memiliki karakteristik aliran yang lebih kompleks karena banyaknya variabel yang terlibat. Meskipun demikian, model saluran terbuka lebih banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari selokan rumah tangga hingga kanal sungai, baik yang alami maupun buatan. Pemilihan saluran terbuka seringkali didasarkan pada proses pembangunannya yang sederhana dan biaya yang relatif murah dibandingkan saluran tertutup.

Dewasa ini banyak sekali faktor yang dapat menimbulkan ketidakstabilan aliran air pada saluran terbuka salah satunya dari penyempitan dengan beberapa kontur tanah, sampah pada saluran, sehingga pergerakan air mengalami perubahan pada debit, kecepatan aliran, tinggi muka air. Kenyataan ini perlu mendapat perhatian, hal ini penulis melakukan riset mengenai kasus yang kerap terjadi pada saluran terbuka dengan adanya penyempitan yang bervariasi dan debit yang bervariasi, Riset penelitian ini mencari kehilangan Energy pada

saluran terbuka dengan menggunakan model prototype sebagai penyempitan bersudut yang bervariasi dan menggunakan alat ukur debit Thompson V-notch sebagai penunjang penelitian ini. Penyempitan itu sendiri menimbulkan kehilangan energi disuatu saluran terbuka pada kecepatan aliran air dari hulu hingga ke hilir merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya nilai energi. Tinggi rendahnya kecepatan aliran dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kemiringan saluran, lebar saluran, debit air dan lain-lainya. Mengacu pada hukum kontinuitas, kecepatan aliran dapat meningkat bila terjadi peralihan lebar penampang semakin menyempit, bertambahnya kecepatan aliran ini diharapkan dapat meningkatkan nilai energi spesifik aliran. Sedangkan kehilangan energi sendiri pada saluran terbuka adalah Energi Spesifik yang merupakan konsep dari Energi Spesifik yang sudah dikenalkan oleh *Bakhmetef* pada tahun 1912. Bahwa Energi Spesifik adalah tinggi tenaga pada sembarang tampang diukur dari dasar saluran. Dalam skematis dapat ditulis sebagai  $E = (V^2 / 2g) + h$ , dengan  $E$  = Energi Spesifik (cm),  $V$  = kecepatan aliran air (cm/detik),  $g$  = percepatan gravitasi (9,81 cm/detik) dan  $h$  = kedalaman air ( $\text{cm}^2$ ). Dengan persamaan diatas kecepatan laju air dan tinggi kedalaman air.

Kami mencoba menambahkan dan menyempurnakan hasilnya dengan penambahan sudut terhadap penyempitan yang berjudul "*Pengaruh Kehilangan Energi Akibat Perubahan Saluran Terbuka Dalam Media*

*Prototipe Dengan Kemiringan Bersudut studi kasus di Dam Bago Kecamatan Balung Desa Mlokorejo* “ yang mana penelitian ini menyempurnakan dan menselaraskan pada kasus yang sering terjadi dilapangan. Penambahan desain model protipe pada saluran terbuka dilakukan penyempitan dengan model prototipe saluran bersudut yang bervariasi atau bidang kerucut sama kaki sehingga menimbulkan kehilangan energi, dimana kehilangan energi ini dianalisis perilakunya lebih dalam. Metode penelitian yang akan digunakan experimental yang akan dilaksanakan di Lab Hidrolika Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember.

Berdasarkan uraian-uraian diatas serta bukti-bukti empirik yang ada perlu dilakukan penelitian tentang penyempitan dan mengendalikan energi serta kecepatan pada aliran sehingga dapat diterapkan di saluran irigasi.

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perubahan karakteristik aliran terhadap penyempitan dengan model prototipe yang bervariasi?
2. Bagaimana perubahan dalam saluran terbuka yang memberikan dampak pada Energy Spesifik disebabkan adanya penyempitan yang bervariasi sudut kemiringannya?
3. Seberapa besar pengaruh bila kemiringan dalam kasus penyempitan saluran terbuka disetiap masing-masing sudut?
4. Bagaimana aplikasi studi lapangan tersebut bila terjadi penyempitan bersudut dan debit yang bervariasi

### **Batasan Masalah**

Untuk mempermudah pembahasan terkait dengan rumusan masalah yang diajukan serta mengurangi kerancuan dalam pengkajian masalah yang terkandung dalam penelitian tugas akhir ini tidak meluas dan dapat terarah sesuai dengan tujuan dari pembuatan skripsi ini, maka permasalahan yang dibahas dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan model protipe bidang kerucut dengan sudut  $6^\circ$ ,  $9^\circ$ , dan  $12^\circ$ .

2. Penelitian menggunakan alat ukur debit Thomson (*V-Notch*) sesuai dengan oleh ISO (1980).
3. Penelitian ini dibatasi menggunakan saluran datar pada saluran terbuka dengan penyempitan bersudut.
4. Media saluran terbuka terbuat dari kaca dengan dinding halus , pengujian ini dilakukan dilaboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam pembuatan alat saluran terbuka pada penyempitan ini sebagai penerapan ilmu langsung terhadap ilmu hidrolika. Hal ini sebelumnya sudah diperoleh di bangku perkuliahan sehingga mahasiswa dapat memantapkan, meningkatkan, menumbuhkan kembangkan ilmu dalam bidang teknik sipil. Adapun tujuan dalam penelitian pembuatan alat ini adalah :

1. Menganalisa lebih dalam dampak penyempitan pada saluran terbuka sehingga menimbulkan kecepatan aliran yang semakin tinggi maupun rendah.
2. Menganalisa Karakteristik aliran pada penyempitan bersudut yang bervariasi.
3. Menganalisa seberapa besar kehilangan energi spesifik yang terjadi pada saluran terbuka setelah menambahkan penyempitan di saluran tersebut
4. Menganalisa aplikasi teknis studi lapangan berdasarkan penelitian dilaboratorium Universitas Muhammadiyah Jember tentang kasus kehilangan energi akibat penyempitan bersudut dilokasi studi.

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas disebut saluran terbuka. Saluran digolongkan menjadi dua macam yaitu saluran alam (*natural*) dan saluran buatan (*artificial*). Saluran alam meliputi semua saluran air yang terdapat secara alamiah di bumi, melalui dari anak selokan kecil di pegunungan, sungai kecil dan sungai besar sampai ke muara sungai. Sifat-sifat hidrolis saluran alam biasanya sangat tidak menentu. Dalam beberapa hal dapat dibuat anggapan

pendekatan yang cukup sesuai dengan pengamatan sesungguhnya. Sehingga persyaratan aliran pada saluran ini dapat diterima untuk penyelesaian analisa hidrolika teoritis. Saluran buatan merupakan saluran yang dibuat manusia untuk tujuan dan kepentingan tertentu. Saluran buatan memiliki penampang teratur dan lebih mudah dalam melakukan analisa dibanding saluran alami.

**Penyempitan Saluran**

Penyempitan saluran adalah suatu fenomena yang biasa dijumpai pada saluran terbuka. Suatu penyempitan pada saluran terbuka, terdiri atas daerah penyempitan penampang lintang saluran secara mendadak. Pengaruh penyempitan tergantung pada geometri (bentuk) bagian lengkungan masuk penyempitan, kecepatan aliran dan keadaan aliran (Ven Te Chow,1992).

Aliran yang melalui penyempitan dapat berupa aliran superkritis atau subkritis. Pada aliran subkritis, adanya penyempitan saluran akan menyebabkan terjadinya efek pembendungan yang meluas ke arah hulu, sedangkan pada aliran superkritis hanya akan menimbulkan perubahan ketinggian permukaan air didekat penyempitan dan tidak meluas ke arah hulu. Bila kedalaman air di penyempitan lebih besar dibandingkan kedalaman kritis, maka perluasan genangan air ke arah hulu hanya terjadi pada jarak yang dekat, dan dibagian akhir efek pembendungan itu akan terjadi suatu loncatan hidrolis. Kedalaman kritis dapat dirumuskan sebagai berikut (Henderson, 1966 dalam Budi S, 1988):

$$hc = 2/3 E \dots\dots\dots (2.1)$$

**Aliran Kritis dan Sub kritis**

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 grafitasi (per satuan volume) dikenal sebagai bilangan Froude dan dapat dirumuskan sebagai berikut (Rangga Raju, 1981):

$$F = V/\sqrt{gL} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan:

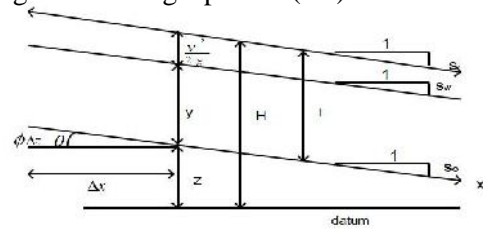
- F = bilangan Froude
- V= kecepatan rata-rata aliran (cm/det)
- g = pecepatan grafitasi (cm<sup>2</sup>/det)
- L = panjang karakteristik (cm)

**Energi Spesifik (*Specific Energy*)**

Besarnya energi spesifik dapat dirumuskan sebagai berikut ( Ven Te Chow,1959 dalam Robert,J.K., 2002) :

$$E = \frac{V}{2g} + h \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan E = energi spesifik (cm).



Gambar 2. 5. Parameter energi spesifik (Robert.J.K. (2002

Dasar saluran diasumsikan mempunyai kemiringan landai atau tanpa kemiringan.

Dengan :

- Z adalah ketinggian dasar diatas garis sreferensi yang dipilih
- h adalah kedalaman aliran
- faktor koreksi energi ( ) 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 :

$$H = z + h \text{ Cos } \theta + \alpha \frac{V}{2g} \dots\dots\dots (2.4)$$

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

$$E = \frac{V}{2g} + h \dots\dots\dots (2.5)$$

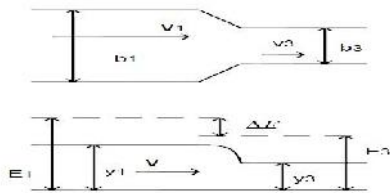
Berhubung  $Q = v \times A$ , maka rumus energi spesifik menjadi :

$$E = \frac{Q^2}{2gA^2} + h \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan:

- H= tinggi energi (cm),
- z = tinggi suatu titik terhadap bidang referensi (cm)
- = koefisien energy (pada perhitungan selanjutnya = 1)

$E$  = energy spesifik (cm)  
 $h$  = kedalaman aliran (cm)  
 $v$  = kecepatan aliran rata-rata (cm/detik)  
 $A$  = luas penampang (cm<sup>2</sup>)  
 $g$  = percepatan gravitasi (cm/detik<sup>2</sup>)  
 $Q$  = debit (cm<sup>3</sup>/det). Perbedaan energi sebelum penyempitan dan energy setelah penyempitan dikenal sebagai kehilangan energi, yaitu  $E = E_1 - E_2$



Gambar 2.6. Profil aliran melalui penyempitan (Ven Te Chow, 1992)

$$\Delta E = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} - y_2 - \frac{v_2^2}{2g} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan:

- $E$  = kehilangan energi (cm)
- $y_1$  = tinggi air sebelum penyempitan (cm)
- $y_2$  = tinggi air pada penyempitan (cm)
- $v_1$  = kecepatan air sebelum penyempitan (cm/det)
- $v_2$  = kecepatan air pada penyempitan (cm/det)

Kecepatan dapat diturunkan dari persamaan sebelumnya, sehingga Persamaan (2.7) menjadi ;

$$\Delta E = y_1 + \frac{Q^2}{2gA_1^2} - y_2 - \frac{Q^2}{2gA_2^2} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan:

- $A_1$  = luas penampang titik 1 (cm<sup>2</sup>)
- $A_2$  = luas penampang titik 2 (cm<sup>2</sup>)

## METODE PENELITIAN

### Pengumpulan Data Sekunder

Proses pencarian data yaitu dengan mencari berbagai sumber data yang diperlukan untuk melakukan penelitian. Dimana data tersebut berupa sumber referensi yang di peroleh dari internet serta data dari Dinas PU Pengairan Lumajang. Data tersebut diantaranya adalah sumber referensi penelitian yang sudah ada sebelumnya, existing saluran, data debit yang di sesuaikan dengan kondisi saluran yang ada.

## Pembuatan V-Notch

Penelitian dilakukan terhadap saluran terbuka yang pada bagian tertentu terdapat penyempitan. Pada bak penampung awal terdapat pintu air dan alat ukur debit Thomson diletakkan di depan pintu air. Bak awal dan bak akhir dihubungkan dengan saluran terbuka yang berbentuk persegi dan bentuk trapezium. Di tengah saluran bentuk persegi juga ditempatkan pintu air. Penyempitan saluran dibuat dengan menebalkan dinding saluran sepanjang 50 cm sehingga tercapai lebar 12 cm, 9 cm, dan 5 cm.

Desaign Thomson (V- Notch)					
B	15	cm	h	6	cm
H <sub>0</sub>	24.5	cm	P	0.4	cm
tf	0.02	cm	B	15	cm
h/B ≤	0.4			0.4	ok
h/P <	2.4			0.42	ok

Gambar 4.1, Tabel Desain V-Notch

## Pengukuran ketinggian air pada penyempitan

Ketinggian air diukur pada 4 variasi debit dan penyempitan. Debit melalui saluran yang mengalami penyempitan adalah  $1.59 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik,  $3.85 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik,  $4.34 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik dan  $5.44 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik. Variasi penyempitan yang dipakai dalam penelitian ini adalah 9 cm, 5 cm, 3 cm.

## Perhitungan luas penampang

Luas penampang yang diukur pada penelitian ini adalah luas penampang sepanjang penyempitan, dengan persamaan :  $A = b \times h$

Dengan :

- $A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)
- $b$  = Lebar penampang (cm)
- $h$  = Tinggi muka air (cm)

## Perhitungan bilangan froude

Perhitungan ini berguna untuk menentukan jenis aliran apakah aliran kritis, subkritis atau superkritis dengan menggunakan persamaan :

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

Dengan:

- $F$  = Bilangan froud
- $v$  = Kecepatan rata (m/detik)
- $g$  = Percepatan gravitasi (m<sup>2</sup>/detik)
- $D$  = Kedalaman hidroulik (m)

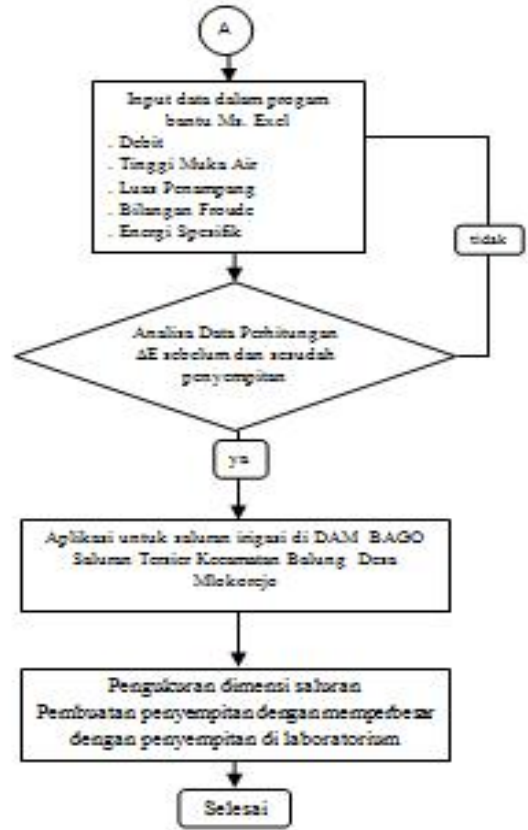
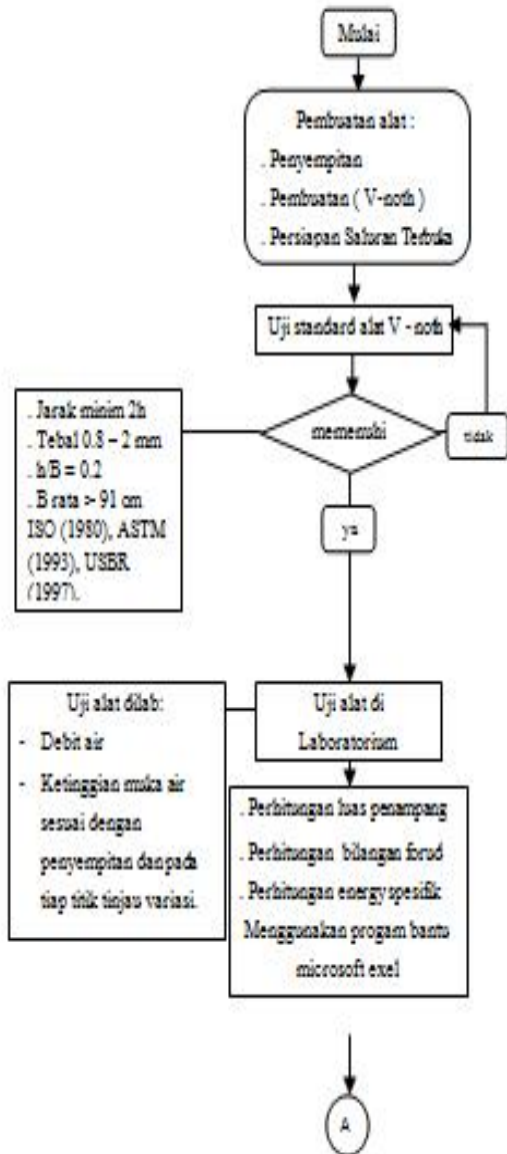
**Perhitungan energi spesifik**

Dari hasil pengukuran ketinggian air yang terjadi pada penyempitan, selanjutnya energi spesifik dapat dihitung dengan persamaan :

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

Rumus di atas dilakukan dengan h rata – rata sebelum penyempitan dan pada penyempitan sehingga kehilangan energy dapat di hitung dengan persamaan :

$$E = E_1 - E_2$$



Gambar 4.6. Diagram Alir Penelitian.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kalibrasi Alat ukur debit V-Notch**

Merupakan pengamatan pada volume tandon yang sudah ditetapkan dengan menggunakan variabel bebas dimana pengamatan ini mengatur bukaan katup dengan 6 perlakuan dengan besar kecilnya pada bukaan katub tersebut akan memperoleh nilai koefisien (C) alat ukur debit V-Nocth yang dimana koefesien itu diambil dari berapa lama waktu habisnya air pada tandon yang mengalir pada saluran (flume). Koefesien debit V-Nocth di lapangan dapat dilihat pada tabel 5.1 dan besarnya nilai C rata-rata adalah 49,821 Sebagai contoh untuk H = 2,2 dengan volume 189,01 liter, diperoleh nilai C sebagai berikut :

$$Q = V/t = 0,18901/15,1417 = 0,012483 \text{ m}^3/\text{detik} = 1,25 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik},$$

$$C = Q / H^{5/2} = 1,25 \times 10^{-2} / 0,0232 = 173,883.$$

**Tabel 5.1.** Perhitungan Variasi Debit Aliran Berdasarkan Tinggi Muka Air Pada Alat Ukur Debit V-Notch

No	H (Thompson)	Kalibrasi Pada Variasi Debit Aliran						Waktu	Debit m <sup>3</sup> /detik	Koefisien
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>			
1	2,2	14,55	15,02	14,52	15,10	15,11	15,55	15,1417	0,012488	173,883
2	3,2	10,00	9,24	9,30	8,42	9,04	9,10	9,1997	0,020222	112,197
3	5	8,54	8,30	9,05	8,55	8,22	9,00	8,6100	0,019553	39,270
4	6	7,34	7,54	7,23	7,50	8,05	8,15	7,6350	0,024796	28,021
5	7	5,55	5,42	5,57	5,51	5,58	5,51	5,5233	0,027158	30,767
6	7,5	4,45	4,33	4,27	4,32	4,29	4,22	4,3283	0,036856	23,923
7	8	3,34	3,44	3,31	3,42	3,21	3,22	3,4333	0,052052	30,412
C									49,821	

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 7, 5, dan 8 merupakan angka ketelitian; tinggi muka air yang digunakan pada alat ukur debit V-notch.

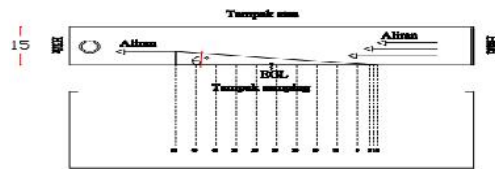
**Ketinggian Muka Air**

Hasil mengkalibrasi kemudian langkah selanjutnya dilakukan pengukuran ketinggian muka air dengan satuan (cm<sup>2</sup>) disajikan pada tabel 5.3. Angka 0, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 merupakan titik tinjau dari model prototype yang dimana bisa kita lihat pada tabel 5.2 agar dapat mengetahui lebar dari penyempitan bersudut yang bervariasi dimulai dari sudut 60, 90, dan 120. Ketinggian muka air sebelum masuk penyempitan adalah 1,6 cm pada debit 1,25 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/detik, 3,4 cm pada debit 2,20 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/detik, 4,5 cm pada debit 2,48 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/detik, dan 6,9 pada debit 5,51 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/detik secara umum aliran yang melalui penyempitan bersudut 6<sup>0</sup>, 9<sup>0</sup>, dan 12<sup>0</sup> mengalami kenaikan pada saat masuk penyempitan dan mempunyai efek pembendung yang disebabkan adanya perubahan penampang secara mendadak dan debit yang sangat besar. Tinggi muka air mengalami penurunan secara stabil dan signifikan karena penyempitan yang terjadi relatif kecil. Dari ketinggian muka air dapat dibuat grafik perubahan tinggi muka air di tiap titik tinjau pada tiap penyempitan.

**Tabel 5.2** Lebar Penyempitan Model Prototipe Pada Titik Tinjau

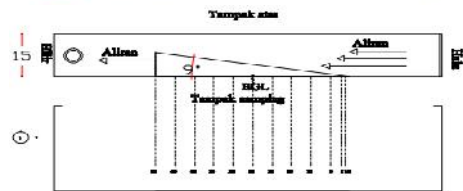
**Tabel 5.2** Lebar Penyempitan Model Prototipe Pada Titik Tinjau

No	B	titik tinjau	lebar di dapat (cm <sup>2</sup> )		
			6°	9°	12°
1	15	0	15,00	15,00	15
2	15	1	14,90	14,80	14,8
3	15	2	14,80	14,70	14,6
4	15	5	14,50	14,20	13,9
5	15	10	13,90	13,30	12,9
6	15	15	13,40	12,10	11,8
7	15	20	12,90	11,70	10,7
8	15	25	12,40	10,80	9,7
9	15	30	11,80	10,00	8,6
10	15	35	11,30	9,20	7,6
11	15	40	10,80	8,30	6,5
12	15	45	10,30	7,50	5,4
13	15	50	9,70	6,70	4,4



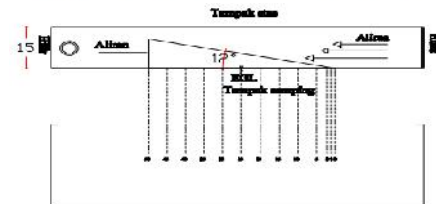
**Tabel 5.3** Ketinggian Muka Air Tiap Titik Tinjau Pada Penyempitan 6<sup>0</sup>

Q (m <sup>3</sup> /detik)	Penyempitan saluran 6°															Cm	
	0	1	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50				
1,25E-02	0,7	0,6	0,7	0,3	0,9	1	1,2	1,2	1,2	1,3	0,8	0,7	0,6				
2,20E-02	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2	2,2	2,1	2,3	2,3	2,1	2	1,8				
2,48E-02	2,1	2,3	3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,3	3,6	3,7	3,4	3,2	3				
5,51E-02	5,2	5,5	5,0	5,7	6,4	6,6	6,8	7	6,9	6,6	6,4	6	5,7				



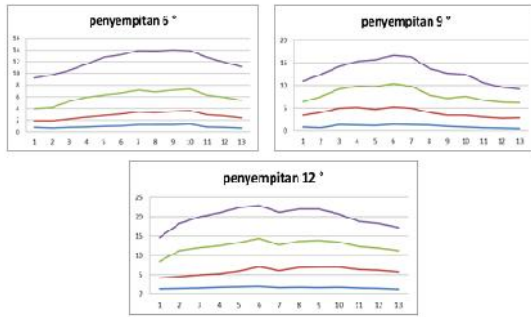
**Tabel 5.4** Ketinggian Muka Air Tiap Titik Tinjau Pada Penyempitan 9<sup>0</sup>

Q (m <sup>3</sup> /detik)	Penyempitan saluran 9°															cm	
	0	1	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50				
1,25E-02	0,3	0,6	1,3	1,2	1,1	1,4	1,3	1,2	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4				
2,20E-02	2,5	3,4	3,7	3,0	3,6	3,3	3,7	2,8	2,5	2,6	2,4	2,3	2,5				
2,48E-02	3	3,5	4,2	4,7	5	5,2	4,8	3,9	3,8	4,2	3,7	3,5	3,5				
5,51E-02	4,5	4,0	5	5,5	5	6,2	6,5	5,8	5,5	4,8	3,9	3,3	3				



**Tabel 5.5** Ketinggian Muka Air Tiap Titik Tinjau Pada Penyempitan 12<sup>0</sup>

Q (m <sup>3</sup> /detik)	Penyempitan saluran 12°															cm	
	0	1	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50				
1,25E-02	1,4	1,5	1,5	1,8	1,9	2,1	1,7	1,8	1,7	1,3	1,6	1,5	1,5				
2,20E-02	2,8	3	3,3	3,5	4	5	4,3	5,1	5,3	5,5	4,7	4,6	4,7				
2,48E-02	4,2	6,7	7,1	7,2	7,3	7,3	6,7	6,8	6,9	6,3	6	5,8	5,5				
5,51E-02	6,2	7	8	8,5	9	8,5	8,4	8,3	8,1	7,2	6,5	6,7	6				



Gambar 5.4. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air Pada Setiap Tinjau Terhadap Titik Tinjau Variasi Debit

### Analisa Kapasitas Luas Penampang

Dari hasil tabel ketinggian muka air pada penyempitan yang bervariasi dimulai dengan sudut 60, 90, dan 120, dapat dihitung dengan luas penampang pada setiap titik tinjau dengan variasi debit. Variasi debit dan hasil perhitungan luas penampang disajikan pada tabel 5.5 dengan satuan (cm<sup>2</sup>) dengan tabel 5.6. sebagai konversi analisa luas penampang dengan satuan (m<sup>3</sup>/detik).

Tabel 5.6. Perhitungan luas penampang dalam satuan cm<sup>2</sup>/detik

Q (m <sup>3</sup> /s)	Lebar Penampang Pada Penyempitan Berbasis dengan titik tinjauan (cm <sup>2</sup> /detik)													
	0	1	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
<b>Penyempitan saluran 6°</b>														
1,25E-02	10,5	8,4	10,86	11,6	12,33	13,4	15,48	14,88	16,16	16,69	8,64	7,21	5,82	cm <sup>2</sup>
2,20E-02	18,0	19,5	22,20	24,63	26,41	28,86	38,58	36,04	37,14	35,99	22,68	20,85	17,46	cm <sup>2</sup>
2,48E-02	31,5	34,27	44,4	45,1	48,97	49,2	47,7	41,4	42,43	41,83	36,71	31	29,1	cm <sup>2</sup>
5,51E-02	78	61,92	73,44	80,67	88,94	88,4	87,7	86,9	81,43	76,53	69,13	61,8	55,26	cm <sup>2</sup>
<b>Penyempitan saluran 9°</b>														
1,25E-02	12,0	8,89	10,41	11,04	14,36	15,94	15,41	12,26	9,00	1,36	4,96	5,72	2,88	cm <sup>2</sup>
2,20E-02	39,0	36,33	44,59	37,33	47,38	43,36	43,29	35,24	32,00	23,93	18,93	17,23	15,72	cm <sup>2</sup>
2,48E-02	45,0	51,32	61,54	66,74	76,57	67,92	57,16	42,13	38,00	38,54	30,71	27,25	23,11	cm <sup>2</sup>
5,51E-02	67,5	73,72	73,50	78,10	79,38	75,70	70,65	63,64	55,01	44,16	32,37	24,28	20,36	cm <sup>2</sup>
<b>Penyempitan saluran 12°</b>														
1,25E-02	21,0	22,2	25,26	22,02	24,21	24,8	18,2	11,49	14,62	12,68	10,4	8,1	5,72	cm <sup>2</sup>
2,20E-02	47,0	44,4	43,18	48,67	57,6	59	46	45,47	45,59	41,5	30,55	24,8	19,76	cm <sup>2</sup>
2,48E-02	65,0	59,18	60,66	61,08	56,72	56,1	41,7	32,23	42,28	41,94	27,2	16,7	11,88	cm <sup>2</sup>
5,51E-02	84,0	91,78	116,8	118,15	116,1	100	89,9	80,21	51,92	51,63	37,7	22,4	15,4	cm <sup>2</sup>

Tabel 5.6. Konversi Perhitungan luas penampang dalam satuan m<sup>3</sup>/detik

Q	Penyempitan saluran 6°											
	1	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	0,0002	0,001036	0,00116	0,0013	0,0015	0,00155	0,001	0,00142	0,0015	0,0005	0,0007	0,0009
0	0,0009	0,00222	0,00277	0,0028	0,0037	0,00381	0,009	0,0041	0,0035	0,0023	0,0021	0,0017
0	0,0034	0,00444	0,00493	0,0049	0,0049	0,0048	0,00477	0,004	0,00425	0,0042	0,0037	0,0033
0	0,0082	0,00784	0,00827	0,0083	0,0082	0,00809	0,009	0,00815	0,0075	0,0065	0,0062	0,0055
<b>Penyempitan saluran 9°</b>												
0	0,0005	0,00191	0,0017	0,0015	0,0017	0,00173	0,001	0,0009	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003
0	0,005	0,005439	0,00554	0,0043	0,0046	0,00463	0,003	0,0025	0,0024	0,002	0,0017	0,0017
0	0,0073	0,00674	0,00667	0,0067	0,0067	0,00667	0,004	0,0038	0,0039	0,0031	0,0028	0,0023
0	0,0073	0,00735	0,00731	0,0068	0,0073	0,00731	0,006	0,0055	0,0044	0,0032	0,0025	0,002
<b>Penyempitan saluran 12°</b>												
0	0,0002	0,000534	0,00054	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,00046	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
0	0,0044	0,004818	0,00487	0,0037	0,0039	0,0039	0,003	0,00246	0,0024	0,0021	0,002	0,0019
0	0,0066	0,010166	0,01001	0,0097	0,0096	0,00971	0,005	0,00456	0,0041	0,0037	0,0031	0,0023
0	0,0062	0,01168	0,01182	0,0115	0,011	0,00899	0,003	0,00319	0,0032	0,0023	0,002	0,0015

### Perhitungan Bilangan Froude

Bilangan froude dihitung dengan persamaan  $v = Q \times A$ , dan dengan menggunakan A sebagai perkalian kedalaman hidraulis (h) dengan lebar saluran pada penyempitan dan tanpa penyempitan selanjutnya dapat dirumuskan Dengan ketentuan nilai Froude :

$$F = \frac{Q}{An \sqrt{g(A/bn)}}$$

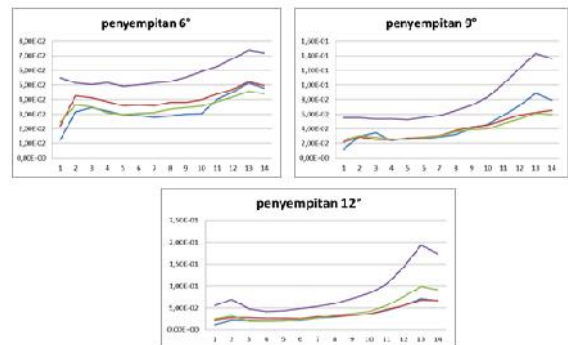
Nilai froude = 1 dinyatakan kritis  
 Nilai Froude < 1 dinyatakan Subkritis  
 Nilai Froude > 1 dinyatakan Superkritis  
 Bilangan froude pada saluran tanpa penyempitan dengan lebar 15 cm = 0,15 untuk debit 5,51 x10<sup>-2</sup>

$$F = \frac{5,51E-02}{0,0104 \sqrt{9,81 \times 0,0105}} \rightarrow \frac{0,055051886}{0,01035 \times 11,91367} \rightarrow 0,440894 < 1 \text{ SUBKRITIS}$$

Bilangan froude untuk penyempitan dengan debit 1,25 x 10<sup>-2</sup>, 2,20 x 10<sup>-2</sup>, 2,48 x 10<sup>-2</sup> dan 5,51 x10<sup>-2</sup> dengan lebar penyempitan yang kita dapat lihat di tabel 5.2. Dengan perhitungan ini disajikan pada tabel 5.7 serta kami menambahkan dengan grafik perubahan bilangan angka froude yang terjadi pada penyempitan saluran terbuka dengan model prototype

Tabel 5.7. Perhitungan Nilai Froude Pada Penyempitan Prototype

Debit (m <sup>3</sup> /detik)	Analisa Hasil Bilangan Froude pada titik tinjauan (cm)												
	0	1	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<b>Penyempitan saluran 6°</b>													
1,25E-02	0,83174	0,03433	0,03215	0,01959	0,02920	0,02767	0,02877	0,01008	0,03027	0,04034	0,04816	0,05448	0,04746
2,20E-02	0,04258	0,04126	0,03867	0,03582	0,03613	0,03564	0,03624	0,01821	0,04002	0,04378	0,04895	0,05226	0,04938
2,48E-02	0,03614	0,03468	0,03063	0,02976	0,03012	0,03116	0,03140	0,01444	0,03158	0,03390	0,04185	0,04561	0,04420
5,51E-02	0,05139	0,05030	0,05119	0,04884	0,05013	0,05117	0,05253	0,05331	0,05923	0,06289	0,06862	0,07365	0,07179
<b>Penyempitan saluran 9°</b>													
1,25E-02	0,02971	0,04777	0,02378	0,01765	0,01695	0,02198	0,03217	0,04042	0,04864	0,03888	0,07144	0,08190	0,07195
2,20E-02	0,02889	0,01568	0,02479	0,02688	0,01834	0,03062	0,03726	0,04219	0,04812	0,05277	0,05659	0,05333	0,04920
2,48E-02	0,03042	0,02839	0,02624	0,02572	0,02732	0,02832	0,03090	0,03062	0,04011	0,04702	0,05339	0,05139	0,05099
5,51E-02	0,03524	0,03585	0,03547	0,03221	0,03584	0,03794	0,04849	0,07212	0,08384	0,10285	0,11285	0,14136	0,13649
<b>Penyempitan saluran 12°</b>													
1,25E-02	0,02346	0,02199	0,02158	0,02159	0,02229	0,02220	0,02216	0,03347	0,03674	0,04483	0,05493	0,07171	0,06674
2,20E-02	0,02782	0,02734	0,02643	0,02617	0,02544	0,02603	0,03046	0,03313	0,03697	0,04600	0,05518	0,06485	0,06734
2,48E-02	0,03149	0,03065	0,02822	0,02185	0,02171	0,02178	0,03308	0,03739	0,04207	0,05487	0,07577	0,09488	0,09210
5,51E-02	0,07003	0,04770	0,04156	0,04375	0,04886	0,05397	0,05869	0,07172	0,08317	0,10384	0,14307	0,18174	0,17389



Gambar 5.5. Grafik Perubahan Nilai Froude pada Penyempitan Prototype

### Perhitungan Energy Spesifik

Perhitungan energy spesifik diselesaikan untuk masing-masing penyempitan saluran dan debit yang terjadi pada penyempitan 6°, 9°, dan 12°, dengan debit 1,25 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/detik, debit 2,20 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/detik, debit 2,48 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/detik, dan



pada debit  $5,51 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$  disajikan pada tabel 5.8 sebagai contoh perhitungan pada debit  $5,51 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$  pada titik tinjau  $45 \text{ cm}^2$

$$E = \frac{5,51E-02}{2 \times 9,81} \frac{z}{0,01035} + 0,059 \rightarrow \frac{0,00303}{0,0021} 0,069 \rightarrow 1,511$$

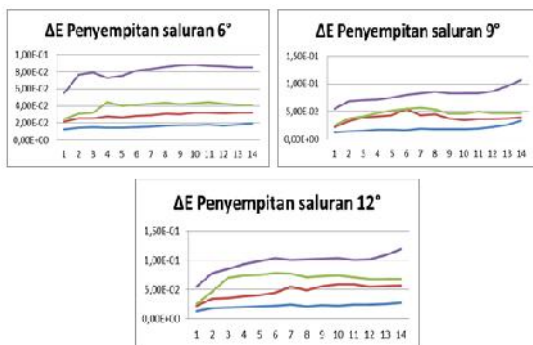
$$E = \frac{5,51E-02}{2 \times 9,81} \frac{z}{0,00618} + 0,059 \rightarrow \frac{0,00303}{0,00075} 0,06 \rightarrow 4,1045$$

$$\Delta E = -2,59354 \rightarrow$$

Pada hasil tabel dibawah nampak bahwa energy spesifik naik setelah melewati penyempitan, sebesar  $E = 1,510998 - 4,104534 = -2,594 \text{ m}$  yang disebabkan aliran pada debit di atas setelah masuk penyempitan  $9 \text{ cm}$  menjadi aliran superkritis. Adapun kami memberikan grafik yang disajikan pada gambar grafik 5.6. penyempitan bersudut  $6^0, 9^0, 12^0$

Tabel 5.8. Perhitungan Energy Spesifik Disetiap Penyempitan

Debit (m³/detik)	Jarak titik tinjau (cm)														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Penyempitan saluran 6°</b>															
1,25E-02	0,0145	0,0146	0,0147	0,0148	0,0149	0,0150	0,0151	0,0152	0,0153	0,0154	0,0155	0,0156	0,0157	0,0158	0,0159
1,25E-02	0,0258	0,0257	0,0277	0,0270	0,0283	0,0292	0,0307	0,0304	0,0321	0,0325	0,0318	0,0319	0,0321	0,0321	0,0321
1,48E-02	0,0809	0,0823	0,0441	0,0403	0,0434	0,0425	0,0438	0,0422	0,0434	0,0445	0,0425	0,0415	0,0407	0,0407	0,0407
5,51E-02	0,0765	0,0788	0,0727	0,0717	0,0834	0,0835	0,0856	0,0878	0,0880	0,0887	0,0863	0,0850	0,0849	0,0849	0,0849
<b>Penyempitan saluran 9°</b>															
1,25E-02	0,0148	0,0146	0,0172	0,0167	0,0164	0,0167	0,0162	0,0181	0,0178	0,0188	0,0119	0,0262	0,0264	0,0264	0,0264
1,25E-02	0,0328	0,0388	0,0415	0,0414	0,0451	0,0453	0,0451	0,0374	0,0348	0,0363	0,0363	0,0372	0,0397	0,0397	0,0397
1,48E-02	0,0349	0,0410	0,0471	0,0517	0,0547	0,0570	0,0539	0,0464	0,0462	0,0501	0,0472	0,0449	0,0471	0,0471	0,0471
5,51E-02	0,0679	0,0703	0,0710	0,0748	0,0758	0,0826	0,0853	0,0827	0,0831	0,0880	0,0867	0,0894	0,0894	0,0894	0,0894
<b>Penyempitan saluran 12°</b>															
1,25E-02	0,0171	0,0186	0,0194	0,0212	0,0222	0,0242	0,0214	0,0235	0,0224	0,0258	0,0236	0,0248	0,0269	0,0269	0,0269
1,25E-02	0,0351	0,0355	0,0381	0,0400	0,0440	0,0542	0,0482	0,0580	0,0584	0,0609	0,0550	0,0559	0,0567	0,0567	0,0567
1,48E-02	0,0470	0,0702	0,0740	0,0751	0,0782	0,0766	0,0714	0,0609	0,0569	0,0616	0,0534	0,0467	0,0533	0,0533	0,0533
5,51E-02	0,0765	0,0788	0,0892	0,0891	0,1039	0,1004	0,1012	0,1022	0,0949	0,0979	0,0990	0,1055	0,1053	0,1053	0,1053



Gambar 5.6. Grafik Perubahan Energy Spesifik pada Penyempitan. Prototype Bersudut  $6^0, 9^0$ , dan  $12^0$  Dengan Variasi Debit.

**Analisis perubahan Angka Froude dan Energy Spesifik Pada Penampang**  
 Dari data analisa tabel perubahan nilai Froude yang disajikan pada tabel 5.10 dan perubahan

Energy Spesifik disajikan pada tabel 5.11. merupakan analisa naik maupun turun suatu aliran sebelum dan sesudah penyempitan ketahu bahwa :

1. Sebelum dan sesudah penyempitan cenderung bilangan Froude stabil.
2. Sebelum dan sesudah penyempitan cenderung E naik dikarenakan aliran berubah menjadi superkritis setelah masuk penyempitan.

Dari data analisa diatas dapat juga menjadi perhitungan analisa yang menentukan lebar dan ketentuan penyempitan pada saluran irigasi.

Tabel 5.10. Analisis Perubahan Angka Froude Sebelum dan Sesudah Penyempitan Pada Penampang Saluran.

Analisa Angka Froude		
Model prototype	Δ froude	Naik Turun
1,25E-02		
6	0,45869	Turun
9	0,58980	
12	0,47471	
2,20E-02		
6	0,53974	Turun
9	0,52861	
12	0,50086	
2,48E-02		
6	0,46769	Naik
9	0,50495	
12	0,57905	
5,51E-02		
6	0,74707	Naik
9	1,05299	
12	1,13540	

Tabel 5.11. Analisis Perubahan Energy Spesifik Sebelum dan Sesudah Penyempitan Pada Penampang Saluran.

Analisa ΔEnergy Spesifik		
Model prototype	ΔE	Naik Turun
1,25E-02		
6	0,21507	naik
9	0,25322	
12	0,28886	
2,20E-02		
6	0,38485	naik
9	0,52148	
12	0,63763	
2,48E-02		
6	0,52962	naik
9	0,62585	
12	0,83117	
5,51E-02		
6	1,07287	naik
9	1,06937	
12	1,29231	

Dari tabel 5.12. dan tabel 5.13 di bawah ini diketahui bahwa angka bilangan froude semakin naik atau tinggi ketika debit bertambah serta lebar penyempitan semakin besar dengan kata lain saluran semakin sempit, demikian juga Energy spesifik yang nilainya semakin tinggi , jika lebar saluran sempit dan debit semakin besar.

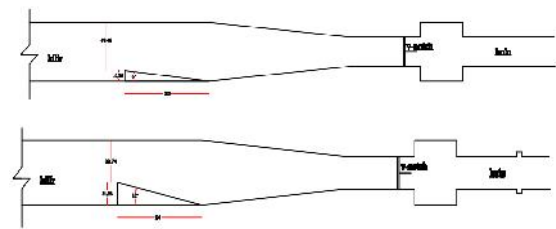
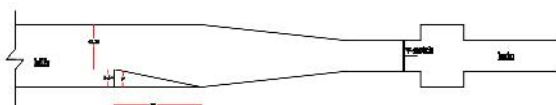
Dalam studi lapangan yang terletak pada desa mlokorejo kecamatan balung merupakan saluran irigasi yang sangat signifikan dengan saluran tersier yang akan menjadi bahan acuan untuk menyempurnakan hasil dari pengujian di laboratorium dimana saluran tersier ini memiliki lebar 60 cm dengan di depan kami memeberi alat ukur debit yang serupa dengan perlakuan di flume laboratorium Universitas Muhammadiyah Jember. Tinggi muka air sebelum penyempitan adalah 40 cm dari dasar saluran dimana perlu mengatur kembali di pintu air saluran primer sehingga pengukuran debit air dapat terkontrol dengan seksama

Tabel 5.12. Analisa Bilangan Froude Untuk Ratio Penyempitan

debit (m <sup>3</sup> /detik)	Analisa Bilangan Froude Ratio Pada Penyempitan				
	No	B saluran	Penyempitan	Ratio %	Δ froude
1,25E-02	1	15	6	0,2	0,4
	2	15	9	0,3	0,5
	3	15	12	0,6	0,4
2,20E-02	1	15	6	0,2	0,5
	2	15	9	0,3	0,5
	3	15	12	0,6	0,5
2,48E-02	1	15	6	0,2	0,4
	2	15	9	0,3	0,5
	3	15	12	0,6	0,5
5,51E-02	1	15	6	0,2	0,7
	2	15	9	0,3	1,0
	3	15	12	0,6	1,1

Tabel 5.13. Analisa Energy Spesifik Untuk Ratio Penyempitan

debit (m <sup>3</sup> /detik)	Analisa ΔE Ratio Pada Penyempitan				
	No	B saluran	Penyempitan	Ratio %	Δ froude
1,25E-02	1	15	6	0,2	0,2
	2	15	9	0,3	0,3
	3	15	12	0,6	0,3
2,20E-02	1	15	6	0,2	0,4
	2	15	9	0,3	0,5
	3	15	12	0,6	0,6
2,48E-02	1	15	6	0,2	0,5
	2	15	9	0,3	0,6
	3	15	12	0,6	0,8
5,51E-02	1	15	6	0,2	1,1
	2	15	9	0,3	1,1
	3	15	12	0,6	1,3



Gambar 5.8. Layout Penyempitan Pada Studi Lapangan

Pada pengamatan dialiran saluran irigasi terdapat sebuah kesimpulan bahwa aliran dimana pada sudut 90 dan 120 dengan debit air yang besar terdapat perubahan aliran maupun energy spesifik yang jauh dari perhitungan di laboratorium nilai kehilangan energinya tergolong rendah dikarenakan dimensi pada penyempitan kurang besar. Walaupun demikian pola aliran yang terjadi akibat dari penyempitan bersudut sesuai dengan penelitian dilaboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dampak penyempitan bersudut pada saluran terbuka sangat berpengaruh nyata pada perubahan energi spesifik dari pengujian yang dilakukan diperoleh bahwa energi spesifik terbesar terjadi pada penyempitan 120 dengan debit  $5,51 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik, total energi spesifiknya sebesar 1,294 m<sup>3</sup>/detik,
2. Karakteristik aliran yang terjadi pada penyempitan dengan sudut 60, 90, dan 120 serta variasi debit  $1,25 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik,  $2,20 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik,  $2,48 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik dan  $5,51 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik dapat di simpulkan bahwa aliran yang terjadi akibat penyempitan model prototype ini berupa aliran subkritis, dengan bilangan froude nya kurang dari satu ( $< 1$ ).
3. Energy spesifik semakin besar variasi sudut penyempitan dengan dimensi saluran dan debit bervariasi terjadi semakin tinggi, hal ini terjadi tinggi muka air mengalami kenaikan yang signifikan

pada ratio 90 di titik 5, 10, 15, 20, 25 dengan debit  $2,20 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik, dan  $2,48 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/detik disebabkan debit lumayan besar serta luas penampang pada titik tersebut terlalu kecil.

4. Aplikasi studi lapangan dengan mengukur dimensi saluran dan memperbesar dimensi dari model prototype sebagai penyempitan bersudut sebesar panjang 200cm atau setara 2 m dengan lebar bervariasi mengikuti sudut sesuai dengan studi kasus yang diamati di laboratorium hidraulika Universitas Muhammadiyah Jember, semakin kecil penyempitan sudut saluran maka bilangan Froude semakin tinggi, dengan penyempitan yang ideal untuk saluran irigasi maksimal  $R > 0,6$  dan Froude  $> 1,1$ . Demikian pula semakin besar sudut penyempitan saluran maka perubahan energi spesifik semakin tinggi dan aliran berubah menjadi aliran superkritis, sehingga penyempitan yang ideal maksimal  $R > 0,6$

#### **Saran**

Berdasarkan pada Tugas Akhir “Pengaruh Kehilangan Energi Akibat Saluran Terbuka Dalam Media Prototipe Dengan Kemiringan Bersudut Studi Lapangan Di Saluran Irigasi Dam Bago Di Kecamatan Pengairan Balung Desa Mlokorejo” ini, penyusun ingin memberikan beberapa saran terkait dengan masalah tersebut. Adapun saran yang dapat penulis berikan antara lain:

1. Untuk penyempurnaan dan pengembangan penelitian selanjutnya disarankan memperpanjang penyempitan pada saluran agar pengukuran dan perilaku aliran lebih mudah diamati sekaligus faktor kekasaran dan kemiringan saluran turut diperhitungkan.
2. Untuk pemilihan model saluran dan alat ukur debit diusahakan disesuaikan pada desain saluran prototipe yang ada, sehingga aplikasi output penelitian dapat difungsikan semaksimal mungkin pada saluran prototipe.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bagus, 2016 Jurnal Desain Saluran Terbuka Akibat Kehilangan Energi Spesifik Yang Disebabkan Penyempitan Pada Saluran, Biro Penerbit Universitas Muhammadiyah, Jember*
- Budi Santoso, 1988, Hidrolika II, Biro penerbit UGM, Yogyakarta*
- Djoko Luknanto, 2004, Hidraulika Terapan, Energy Disaluran Terbuka, Biro penerbit UGM, Yogyakarta*
- Eko.H.Yulianto, 2014, Rekapitulasi Data Hujan, Unit Pelaksanaan Teknis, Pengairan Balung, Jember*
- Rangga raju, 1999, Aliran melalui saluran terbuka, Erlangga, Jakarta*
- Robert.J.Kodoatie, 2002, Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa, Andi Yogyakarta*
- Soewarno, 1995, analisis hidrolog aplikasi metode statistik untuk analisa data jilid 1. Penerbit NOVA, Bandung*
- Ven Te Chow, 1959, Open Channel Hydraulic, Penerbit Erlangga, Jakarta*
- Ven Te Chow, 1991, Aliran melalui saluran terbuka, Penerbit Erlangga, Jakarta*