

# **KARAKTERISTIK DAYA TURBIN PELTON SKALA MIKRO DENGAN VARIASI BENTUK SUDU PIPA *ELBOW* 90° DENGAN DIAMETER ½” DAN ¾”**

FERDINANDUS BALU ZEI  
NIM : 1010641024  
Jurusan Teknik Mesin  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti Turbin Pelton untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dengan variasi jumlah Sudu. Variasi bentuk sudu yang digunakan adalah bentuk sudu pipa elbow 90° dengan diameter ½” dan ¾” rata-rata jumlah sudu dan variasi diameter sudu yakni 8 sudu dengan diameter ½” daya yang terbangkit 34 ( v ) volt, dan 40 ( i ) mA daya yang dihasilkan 1,36 watt pada putaran 475 rpm. Pada jumlah sudu 10 dengan diameter ½” daya yang terbangkit 35,6 ( v ) volt, dan 40 ( i ) mA daya yang dihasilkan 1,424 watt pada putaran 539 rpm. Pada sudu 12 dengan diameter ½” daya yang terbangkit 38 ( v ) volt, dan 51 ( i ) mA daya yang dihasilkan 1,938 watt pada putaran 560 rpm. Variasi pada ¾” dengan sudu 8 daya yang terbangkit 50,3 ( v ) volt, dan 11,1 ( i ) mA daya yang dihasilkan 0,558 watt pada putaran 500 rpm. Pada sudu 10 dengan diameter ¾” daya yang terbangkit 54,5 ( v ) volt, dan 12,3 ( i ) mA daya yang dihasilkan 0,670 watt pada putaran 540 rpm. 12 sudu dengan diameter ¾” daya yang terbangkit 60,6 ( v ) volt, dan 12,5 ( i ) mA daya yang dihasilkan 0,758 watt pada putaran 550 rpm. Daya tertinggi terdapat pada sudu turbin dengan jumlah 12 sudu berdiameter ½” pada putaran 560 rpm. Dan putaran terendah 475 rpm pada sudu 8 dengan diameter ½”.

**Kata kunci :** pipa elbow 90° dengan diameter ½” dan ¾”

## **PENDAHULUAN**

### **1 Latar Belakang**

Perkembangan zaman semakin maju dan berkembang saat ini sehingga menuntut cara berfikir manusia yang semakin maju dan berkembang pula. Hal ini sangat mungkin diikuti oleh perkembangan pola pikir manusia karena semua saling mendukung. Seiring dengan

kemajuan itu banyak alat – alat teknik diciptakan untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Energi yang merupakan kebutuhan yang sangat utama bagi manusia, secara khusus energi listrik. Dimana dengan zaman modern saat ini energi listrik merupakan hal utama untuk melaksanakan aktifitas sehari-hari. Tanpa

listrik proses produk tidak dapat berjalan serta perkembangan jaringan akan semakin tertinggal. Salah satu upaya yang terus dilakukan dan sampai saat ini adalah terciptanya alat pembangkit listrik dari model pembangkit listrik makro, pembangkit listrik mini, hingga pembangkit mikro, bahkan hanya skala *proto type* sebagai bahan percontohan demi kemajuan teknologi. Model *proto type* pembangkit listrik dapat dijadikan alternatif sebagai bahan penelitian awal yang dapat dibuat atau diaplikasikan dalam skala besar.

## 2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas maka permasalahan yang diambil penulis terkait karakteristik daya turbin pelton adalah :

1. Bagaimanakah pembuatan model bentuk sudu dan penempatan bentuk sudu agar didapatkan nilai daya yang optimal.
2. Bagaimanakah nilai perubahan karakteristik daya dengan variasi jumlah sudu dan diameter bentuk sudu.

## 3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan yang diambil penulis dalam pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui perbedaan karakteristik daya turbin pelton skala mikro dengan variasi jumlah sudu.
2. Mengetahui nilai daya bentuk sudu dengan diameter  $\frac{1}{2}$ " dan  $\frac{3}{4}$ ".

## TINJUAN PUSTAKA

### 1 Tujuan Penelitian Sebelumnya

Bodan prayogo (2014) dalam penelitiannya pengaruh jumlah variasi jumlah sudu pada turbin *Cross Flow*.

#### 1 Data 8 sudu

Pada data jumlah 8 sudu diketahui 600 rpm tegangan maksimal yang dihasilkan berjumlah *210 volt* dengan daya maksimal *640 watt*.

#### 2 Data 10 sudu

Pada data jumlah 10 sudu ini putaran 600 rpm yang di hasilkan sama dengan data 8 sudu dimana dengan untuk tegangan maksimal yang di hasilkan *210 volt* dengan daya maksimal yang dihasilkan *640 watt*.

#### 3 Data sudu awal (12 sudu)

Data sudu awal ini adalah hasil yg paling mendekati dengan perhitungan perencanaan tegangan dan daya yang dihasilkan dimana 1500 rpm untuk

tegangan maksimal menghasilkan 220 volt, dan daya maksimal menghasilkan 700 watt.

Dwi Muliyo sukawati (2014) perancangan dan pembuatan sudu turbin *polton* dengan variasi kemiringan sudu dan jumlah sudu terhadap daya dan putaran turbin.

Kemiringan sudu 5° dengan jumlah sudu 8, 10, 12, dengan putaran 200 (rpm) dan tegangan 7,9 volt dapat menghasilkan arus listrik sebesar 115 mA. Pada kemiringan 5° dengan jumlah sudu 10, dengan putaran 260 (rpm) dan tegangan 8,4 volt dapat menghasilkan arus listrik sebesar 118 mA. Pada kemiringan 5° dengan jumlah sudu 12, dengan putaran 300 (rpm) dan tegangan 9 volt dapat menghasilkan arus listrik sebesar 120 mA.

Kemiringan sudu 8° dengan jumlah sudu 8, 10, 12, dengan putaran 190 (rpm) dan tegangan 7,5 volt dapat menghasilkan arus listrik sebesar 110 mA, pada kemiringan 8° dengan jumlah sudu 10, dengan putaran 230 (rpm) dan tegangan 8,1 Volt dapat menghasilkan arus listrik 112 mA, pada kemiringan 8° dengan jumlah sudu 12, dengan putaran 280 (rpm) dan tegangan 8,8 volt dapat menghasilkan arus listrik sebesar 118 mA.

## **2 Perubahan energi yang terjadi pada turbin air**

Energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia yang dalam skala besar telah digunakan sebagai pembangkit listrik. pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir

### 3 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi

#### A Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan.

#### B Turbin Reaksi

Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan

gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar.

Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Proses ekspansi fluida kerja pada turbin reaksi terjadi pada sudu tetap dan sudu geraknya. Air mengalir memasuki roda turbin melalui sudu - sudu pengarah dengan tekanan yang tinggi.

### 4 Karakteristik Daya Turbin

Pembangkitan energi air adalah suatu perubahan energi akibat adanya perbedaan ketinggian antara reservoir atas dan reservoir bawah maka akan terdapat energi potensial dan energi kinetic pada aliran tersebut. Selanjutnya energi tersebut dapat dimanfaatkan dengan mengubahnya menjadi energi mekanis melalui turbin air. Untuk suatu aliran dengan head dan debit tertentu yang melalui sebuah turbin dapat menghasilkan daya (*power*) air sebesar : (Sumber: Haimerl, L.A., 1960)

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{eff}$$

.....  
..... 1

Dimana : (Sumber: Haimerl, L.A., 1960)

- P = Daya (*Watt*)
- $\rho$  = Massa Jenis Air ( $\text{kg/m}^3$ )
- g = Percepatan Gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )
- Q = Debit Aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $H_{eff}$  = Head Efektif (m)

Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis. Sebagaimana dapat dipahami dari rumus tersebut di atas, daya yang dihasilkan adalah hasil kali dari tinggi jatuh dan debit air, oleh karena itu berhasilnya pembangkitan tenaga air tergantung dari pada usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif dan ekonomis.

Persamaan Kontinuitas : (Sumber: Haimerl, L.A., 1960)

$$Q = V \times A$$

..... 2

Dimana : (Sumber: Haimerl, L.A., 1960)

- Q = Debit Aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- V = Kecepatan Aliran (m/s)
- A = Luas Penampang ( $\text{m}^2$ )

Daya listrik yang terbangkitkan :

$$P_1 = V \cdot I$$

..... 3

Dimana : (Sumber: Haimerl, L.A., 1960)

- $P_1$  = Daya Listrik (*Watt*)
- V = Tegangan (*Volt*)
- I = Arus (*Ampere*)

Daya turbin dapat dihitung dengan rumus : (Sumber: Haimerl, L.A., 1960)

$$P_t = \frac{P_1}{n_p \cdot n_g \cdot \cos \phi}$$

..... 4

Dimana : (Sumber: Haimerl, L.A., 1960)

- $P_t$  = Daya Listrik (*Watt*)
- $n_p$  = Efisiensi Pulley

$n_g$  = Efisiensi generator

$\cos\emptyset = 0.8$

Efisiensi turbin didapatkan dengan nilai perbandingan nilai daya air dan daya turbin yaitu : (Sumber: Haimerl, L.A., 1960)

$$nT = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

.....

.....5

Dimana : (Sumber: Haimerl, L.A., 1960)

$nT$  = Efisiensi turbin (%)

$P_t$  = Daya Turbin (Watt)

$P_a$  = Daya Air (Watt)

## 5 Perencanaan Model Sudu Turbin Pelton

Dalam penelitian tugas akhir ini penulis menitik beratkan pada bentuk sudu turbin pelton dengan variasi diameter sudu. Bentuk sudu yang dibuat menggunakan pipa *PVC Elbow 90°* dengan alasan menggunakan pipa elbow ini tujuan untuk memebadingkan penelitian

terdahulu dengan penelitian sekarang. Gambar 2.7 menunjukkan *PVC Elbow* yang digunakan.

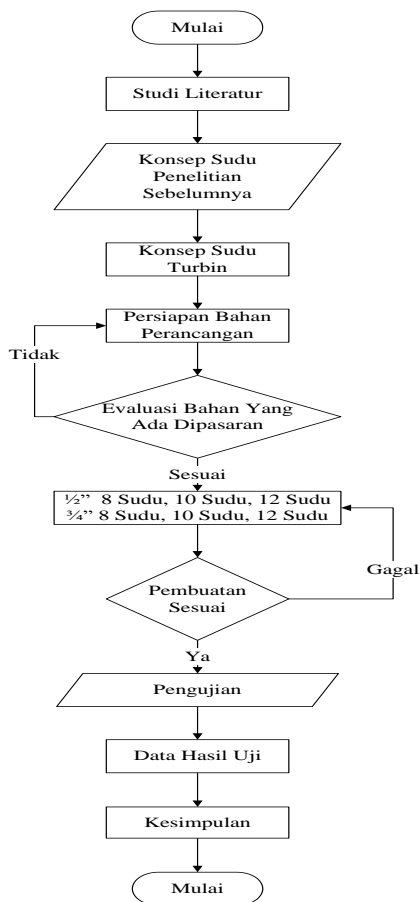


Gambar 2.7. *Elbow 90°*

Penggunaan pipa *Elbow 90°* dengan bentuk yang sama. dan model elbow dalam aplikasi sudu turbin di variasikan dengan dua jenis diameter yakni : diameter 1/2" dan diameter 3/4".

## 1 METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

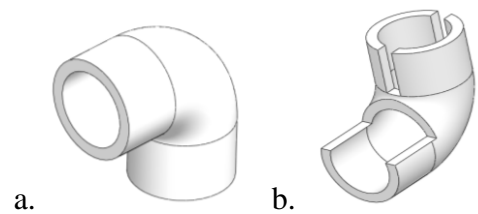


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

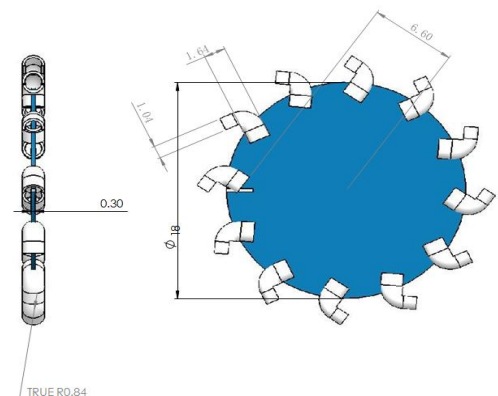
## 2 Rencana Konsep Sudu

Adapun perencanaan sudu yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Diameter *Elbow* menggunakan ukuran  $\frac{1}{2}$ " (gambar 3.2,a,b)



Gambar 3.2. *Elbow*  $\frac{1}{2}$ " (a) model utuh, (b) model potongan



Gambar 3.3 *Assembly* diameter  $\frac{1}{2}$ "

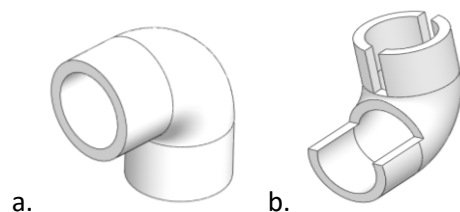
Dalam perencanaan konsep ini divariasikan jumlah sudu terhadap pemasangan piringan sudu, yakni; menggunakan 8 sudu, 10 sudu dan 12 sudu (gambar 3.3.a,b,c)



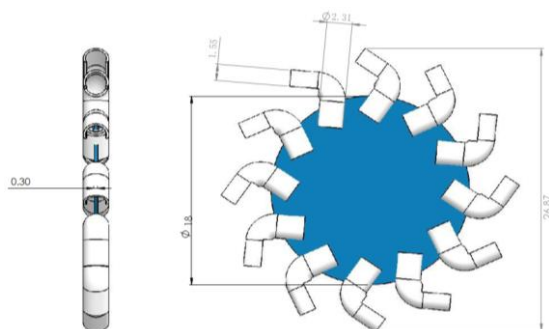
Gambar 3.4 *Assembly* diameter  $\frac{1}{2}$ " (a) 8 sudu, (b) 10 sudu, (c) 12 sudu

2. Diameter *Elbow* menggunakan ukuran  $\frac{3}{4}$ " (gambar 3.5).

Dalam perencanaan konsep ini divariasikan jumlah sudu terhadap pemasangan piringan sudu, yakni: menggunakan 8 sudu, 10 sudu, dan 12 sudu. (gambar 3.5.a,b,c).



Gambar 3.5. *Elbow*  $\frac{3}{4}$ " (a). model utuh, (b). model potongan

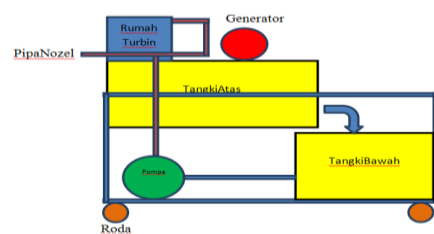


Gambar 3.6 *Assembly* diameter  $\frac{3}{4}$ "



Gambar 3.7 *Assembly* diameter  $\frac{3}{4}$ " (a) 8 sudu, (b) 10 sudu, (c) 12 sudu

Model rencana turbin pelton skala laboratorium yang akan di teliti menitik beratkan pada bentuk sudu turbin (gambar 3.6).



Gambar 3.7 Model turbin sebelumnya

### 3 Analisis data

Dalam penelitian tugas akhir ini direncanakan tabel awal dalam mencari karakteristik daya turbin adalah sebagai berikut :



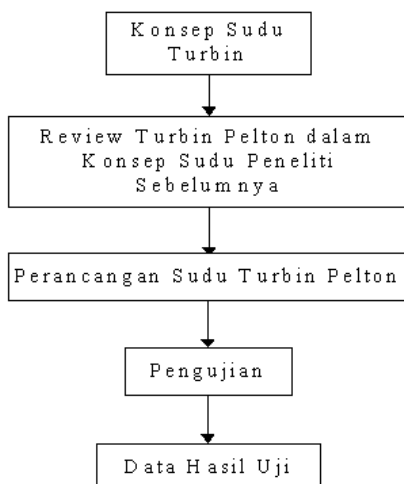
Tabel 3.2 Daya turbin yang dihasilkan

Sudu yang digunakan	<i>Elbow</i>			<i>Elbow</i>		
Diameter Sudu	1/2"			3/4"		
Jumlah Sudu	8	10	12	8	10	12
Daya Turbin (watt)						

### PEMBAHASAN

#### 1 Pembahasan Teknik

Dalam penelitian ini dibahas teknik perancangan sudu turbin pada turbin pelton dengan bagan sebagai berikut, (gambar 4.1):



Gambar 4.1. Diagram Konsep Perancangan Sudu Turbin

Dalam perancangan sudu, peneliti membuat ulang sudu turbin pelton dimana unit turbin pelton skala laboratorium sudah diselesaikan peneliti sebelumnya (Fathi, 2013) dan (Dwi, 2014). Sehingga dalam penelitian ini peneliti hanya membahas tentang pembuatan sudu turbin pelton dengan pengujian turbin pelton menggunakan variasi jumlah sudu turbin yang berpengaruh terhadap putaran dan daya turbin pelton serta variasi diameter sudu turbin.

Pembuatan sudu turbin pelton menggunakan bahan yang mudah di dapatkan di sekitar, yakni menggunakan pipa PVC elbow dengan sudut pipa 90°. variasi jumlah sudu dan diameter sudu turbin yakni; dengan jumlah sudu 8, 10 dan 12 menggunakan pipa PVC Elbow diameter 1/2" dan jumlah sudu 8, 10,

dan 12. dan menggunakan pipa *PVC Elbow* diameter  $\frac{3}{4}$ ". Gambar 4.2. menunjukkan pipa yang digunakan dalam perakitan sudu turbin pelton. Gambar 4.3 menunjukkan *Assembly* sudu turbin pelton dengan jumlah sudu 8, diameter *Elbow*  $\frac{1}{2}$ ". Selain itu pada gambar 4.4 menunjukkan *Assembly* sudu turbin pelton dengan jumlah sudu 10, diameter *Elbow*  $\frac{1}{2}$ ". Serta gambar 4.5 menunjukkan *Assembly* sudu turbin pelton dengan jumlah sudu 12, diameter *Elbow*  $\frac{1}{2}$ ". *Assembly* sudu turbin pelton dengan jumlah sudu 8, 10 dan 12 dengan diameter *Elbow*  $\frac{3}{4}$ " diperlihatkan pada gambar 4.6, 4.7 dan 4.8.



Gambar 4.2. Pipa *PVC Elbow*  $\frac{1}{2}$ " dan  $\frac{3}{4}$ ".



Gambar 4.3. *Assembly* sudu turbin pelton sudu 8 dengan diameter  $\frac{1}{2}$ "



Gambar 4.4. *Assembly* sudu turbin pelton sudu 10 degnan diameter  $\frac{1}{2}$ "



Gambar 4.7. *Assembly* sudu turbin pelton sudu 10 degnan diameter  $\frac{3}{4}$ "



Gambar 4.5. *Assembly* sudu turbin pelton sudu 12 degnan diameter  $\frac{1}{2}$ "



Gambar 4.8. *Assembly* sudu turbin pelton sudu 12 degnan diameter  $\frac{3}{4}$ "



Gambar 4.6. *Assembly* sudu turbin pelton sudu 8 degnan diameter  $\frac{3}{4}$ "

## 2 Perakitan Sudu

Dalam perakitan sudu turbin, dimulai dengan beberapa prosedur pembuatan bentuk sudu, yakni :

1. Pipa *Elbow*  $\frac{1}{2}$ " dan  $\frac{3}{4}$ " dipotong bagian ujung menggunakan gerinda

potong, potongan lebih kurang  $\frac{1}{4}$  bagian ujung pipa.

Gambar 4.9.

2. Potong pipa *Elbow*  $\frac{1}{2}$ " sebanyak 12 buah. Gambar 4.10.

3. Perakitan jumlah sudu 8 dengan menggunakan pipa *Elbow*  $\frac{1}{2}$ ". Dengan cara piringan sudu dibagi ( $360^\circ : 8$ ) sehingga jarak antar sudu  $45^\circ$ . Gambar 4.11

4. Pengulangan cara no 3 untuk jumlah sudu 10 dan 12 pada pipa  $\frac{1}{2}$ " dan  $\frac{3}{4}$ ". Gambar 4.12.



Gambar 4.9 Proses pemotongan pipa *Elbow*  $\frac{1}{2}$ " dan  $\frac{3}{4}$ ".



Gambar 4.10 Potong pipa *Elbow*  $\frac{1}{2}$ " sebanyak 12 buah dan  $\frac{3}{4}$ ".



Gambar 4.11 Proses perakitan sudu 8 menggunakan pipa *Elbow*  $\frac{1}{2}$ "



Gambar 4.12 Perakitan dan sejumlah sudu sudu pipa *Elbow*  $\frac{1}{2}$ " dan  $\frac{3}{4}$ ".

### 3 Perakitan Turbin

Pada perakitan sudu terhadap piringan, selanjutnya perakitan unit piringan yang sudah dipasang sesuai jumlah sudu, dipasangkan ke dalam rumah turbin pelton untuk diuji. Gambar 4.13 menunjukkan perakitan *Assembly* sudu dengan rumah turbin pelton.



Gambar 4.13 Pemasangan sejumlah sudu diruma turbin.

### 4 Hasil pengujian

Tabel 4.2 Daya yang dihasilkan turbin pelton.

Terbangkit			Tegangan (V) Volt		Arus (I) mA		Daya (V x I) Watt	
Diameter Sudu			½"	¾"	½"	¾"	½"	¾"
Jumlah Sudu	Putaran (Rpm)							
	½"	¾"						
8	475	500	34	50,3	40	11,1	1,36	0,558
10	539	540	35,6	54,5	40	12,3	1,424	0,670
12	560	550	38	60,6	51	12,5	1,938	0,758

Dan rata rata jumlah sudu dan fariasi diametr sudu yakni 8 sudu dengan diameter ½" daya yang terbangkit 34 ( v ) volt, dan 40 ( i ) mA daya yang dihasilkan 1,36 waat pada putaran 475 rpm. Maka efisiensi turbin dihasilkan 0,0127551%. Pada jumlah sudu 10 dengan diameter ½" daya yang terbangkit 35,6 ( v ) volt, dan 40 ( i ) mA daya yang dihasilkan 1,424 waat pada putaran 539 rpm. Maka efisiensi tubin dihasilkan 0,0132653%. Pada sudu 12 dengan diameter ½" daya yang terbangkit 38 ( v ) volt, dan 51 ( i ) mA daya yang

dihasilkan 1,938 waat pada putaran 560 rpm. Maka efisiensi tubin dihasilkan 0,018176%.

Fariasi pada ¾" dengan sudu 8 daya yang terbangkit 50,3 ( v ) volt, dan 11,1 ( i ) mA daya yang dihasilkan 0,558 waat pada putaran 500 rpm. Maka efisiensi tubin dihasilkan 0,0052333%. Pada sudu 10 dengan diameter ¾" daya yang terbangkit 54,5 ( v ) volt,dan 12,3 ( i ) mA daya yang dihasilkan 0,670 waat pada putaran 540 rpm. Maka efisiensi tubin dihasilkan 0,0062838%. 12 sudu dengan diameter ¾" daya yang terbangkit 60,6 ( v ) volt, dan 12,5 ( i ) mA daya yang dihasilkan 0,758 waat pada putaran 550 rpm. Maka efisiensi tubin dihasilkan 0,0071091%.

## KESIMPULAN

### 1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian turbin pelton dengan menggunakan sudu dari pipa *Elbow* berdiameter  $\frac{1}{2}$ " dan  $\frac{3}{4}$ " diantaranya sebagai berikut :

1. Hasil daya tertinggi didapatkan pada sudu turbin dengan jumlah sudu 12 berdiameter  $\frac{1}{2}$ ". Yakni daya yang dihasilkan 1,938 waat dengan putaran 560 rpm.
2. Hasil daya yang paling rendah didapatkan pada sudu turbin dengan jumlah sudu 8 berdiameter  $\frac{1}{2}$ ". Yakni daya yang dihasilkan 1,36 waat dengan putaran 475 rpm.

## 2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah :

Gunakan pompa air dengan debit yang lebih besar agar daya terbangkit lebih besar.

### DAFTAR PUSTAKA

Agar. D., Rasi, M. [2007], "*On the use of a laboratory-scale Pelton wheel water turbine in*

*renewable energy education, Renewable Energy.*(Hal:17)

Bono. Suwoto, G. [2011]. "Karakterisasi Daya Turbin Pelton Sudu Setengah Silinder Dengan Variasi Perbandingan Lebar Sudu Dengan Diameter Nosel Pada Harga Perbandingan Jet Sebesar 18". Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.(Hal:17)

Bono. Indarto. [2008]. "Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro Dengan Variasi Bentuk Sudu". Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi IST AKPRIND Yogyakarta.(Hal:17)

Dietzel F. [1993]. "Turbin Pompa Dan Kompresor", Jakarta: Erlangga.(Hal:7)

Fathi. [2013]. "Pengaruh Diameter *Nozel* Terhadap Putaran (*Rpm*) Turbin Pelton. Skripsi Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Jember.(Hal:10)

Finnemore and Fransini,[1989]. "*Fluid Machanics With Engineering Applications*, Third Edition, Singapore, McGraw-Hill.(Hal:16)

- Sasongko, Gjoko. [1996]. "Teknik Sumber Daya Air.Jakarta: Erlangga.(Hal:14)
- Sunarto,,Eisenring, M. [1994]. "Turbin Pelton Mikro", Yogyakarta: MHPG ANDI OFFSET.(Hal:7)
- Dwi Muliyo sukawati [2014]. perancangan dan pembuatan sudu turbin *polton* dengan variasi kemiringan sudu dan jumlah sudu terhadap daya dan putaran turbin. Laboratorium. Skripsi Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Jember.(Hal: 1)
- Kadir,R., F 111 05 090. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.Di Sungai Marimpa Kecamatan Pinembani (Dibimbing oleh Alifi Yunar dan Totok Harichayono).(Hal:16)
- Tim Peneliti [2009]. "Pengembangan *Proto type* Pembangkit Listrik Mini hidro dengan Efisiensi Tinggi Laporan Penelitian Strategis Nasional, Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan.(Hal:1)
- Anonim. *DixsonS.L* (2010), Bentuk sudu turbin:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/francis\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/francis_turbine) (Hal:12) 14 maret 2015
- Anonim. Arismunandar (1998), Bentuk sudu turbin:  
<http://lingolex.com/bilc/engine.html> (Hal:13) 14 maret 2015
- Anonim. Bass, (2009), Bentuk sudu turbin :  
<http://europa.eu.int/en/comm/dgl17/hydro/layman2.pdf>(Hal :10) 15 maret 2015
- Anonim. Haimerl,L.A., (1960), Bentuk sudu turbin :  
<http://jurnal.bl.ac.id/wp-content/uploads/2007/01/TELTRON-v3-n1-artikel5-april2006.pdf>.(Hal:4) 15 maret 2015

**TERIMA KASIH**

**WASSALAMUALAIKUM  
WR. WB.**







