

## Rancang Bangun Prototipe Portable Mikro Hydro Menggunakan Turbin Tipe Cross Flow

Roy Hadiyanto\*, Fauzi Bakri

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA  
Universitas Negeri Jakarta  
Jl. Pemuda No.10, Rawamangun, Jakarta Timur 13220  
\*Email: [maniz3007@gmail.com](mailto:maniz3007@gmail.com)

### Abstrak

*Prototipe Portable Micro Hydro* adalah pembangkit listrik tenaga air yang bisa bekerja pada aliran dengan debit kecil serta bersifat *portable* dan *moveable*. Telah dibuat *Prototipe Portable Micro Hydro* dengan menggunakan turbin tipe *cross flow*. Penampang turbin dibuat dari bahan HDPE dan sudu turbin terbuat dari pipa PVC  $\frac{3}{4}$  inch. Turbin memiliki ukuran panjang dan diameter sebesar 2.5 inch serta terdiri dari 20 sudu. Pengujian *Prototipe Portable Micro Hydro* dilakukan dengan mengukur keluaran arus maksimum dan tegangan maksimum dari generator dengan menggunakan variasi ketinggian pipa 60 cm, 80 cm dan 100 cm. Sumber air yang digunakan berasal dari wadah dengan volume air 19 liter dan ketinggian wadah sebesar 0,49 m. Efisiensi terbesar 5.24 % didapatkan pada saat menggunakan ketinggian pipa 100 cm, dengan *output* arus maksimum sebesar 114.7 mA menggunakan resistansi 330  $\Omega$  dan tegangan maksimum sebesar 5.94V.

**Kata kunci:** *portable, micro hydro, cross flow, turbin*

### 1. Pendahuluan

Tenaga air merupakan sumber energi terbarukan untuk aplikasi pembangkit energi listrik yang mempunyai potensi cukup besar di Indonesia. Potensi tenaga air di Indonesia mencapai 75,67 GW dan potensi untuk *micro hydro* sebesar 0,45 GW [3]. Untuk memanfaatkan potensi tenaga air yang cukup besar tersebut salah satu caranya adalah dengan membuat pembangkit listrik *micro hydro*.

Pembangkit listrik *micro hydro* adalah pembangkit energi listrik tenaga air yang tidak memerlukan bendungan yang besar seperti pada pembangkit listrik tenaga air pada umumnya, bersifat *moveable, portable*, mudah dan praktis dalam pengoperasian, dapat memanfaatkan debit kecil, dan biaya investasi kecil. Pembangkit listrik mikro hidro menghasilkan kapasitas daya 5-100 kW [1].

Tujuan dari penelitian ini merancang dan membuat *prototipe portable mikro hydro* dengan menggunakan turbin tipe *cross flow* kemudian mengukur keluaran arus dan tegangan yang dihasilkan dari prototipe *portable mikro hydro* dengan menggunakan turbin tipe *cross flow* terhadap ketinggian.

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu untuk mengembangkan desain pembangkit listrik tenaga air untuk dapat diaplikasikan oleh masyarakat luas dan dapat menghasilkan model pembangkit listrik tenaga air yang murah dan ramah lingkungan.

#### a. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu dari energi terbarukan. Secara umum prinsipnya adalah dengan memanfaatkan energi potensial yang terdapat di dalam air, kemudian aliran air tersebut diarahkan untuk menggerakkan turbin, energi mekanik dari perputaran turbin dikonversi menjadi energi listrik dengan bantuan dari generator [2].

Besarnya tenaga air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air (sebuah waduk tempat penyimpanan air digunakan ketika diperlukan) maka *head* adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air yang keluar dari kincir atau turbin air [5]. Energi total yang tersedia dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air sebesar:

$$E_p = mgh \quad (1)$$

Dengan:

$E$  = energi potensial air (joule)

$m$  = massa air (kg)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$h$  = ketinggian (m)

$P$  = daya (watt)

$\rho$  = densitas air ( $kg/m^3$ )

$Q$  = debit air ( $m^3/s$ )

$h$  = ketinggian (m)

Aliran air yang jatuh dengan debit  $Q$  ( $m^3/s$ ) yang mengenai turbin air akan memberikan daya listrik sebesar:

$$P = \rho Qgh \quad (2)$$

Dengan:

b. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Klasifikasi pembangkit energi listrik tenaga air umumnya digolongkan menjadi dua kategori skala kecil (*small hydro*) dan skala penuh atau besar (*large hydro*). Pengklasifikasian secara umum terhadap pembangkit listrik tenaga air diberikan pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Klasifikasi pembangkit listrik tenaga air terhadap kapasitas [4]

Tipe	Kapasitas
Large-hydro	$>100$ MW
Medium-hydro	15 – 100 MW
Small-hydro	1 – 15 MW
Mini-hydro	100 kW $\leq$ daya $\leq$ 1 MW
Micro-hydro	5 kW – 100 kW
Pico-hydro	$\leq$ 5 kW

**Tabel 2.** Klasifikasi pembangkit listrik tenaga air berdasarkan ketinggian [5]

Tipe	Ketinggian
Head tinggi	$>100$ m
Head menengah	30 – 100 m
Head rendah	2 – 30 m

Untuk *micro hydro* sendiri adalah pembangkit listrik tenaga air dengan daya berkisar antara 5-100 kW.

Selain dikelompokan berdasarkan daya, pembangkit listrik tenaga air juga diklasifikasikan berdasarkan ketinggian.

### c. Turbin Cross Flow

Turbin *cross flow* merupakan salah satu dari jenis turbin impuls dikenal juga dengan nama turbin *Michael Banki* yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut turbin *Osberger* diambil dari nama perusahaan yang memproduksinya [1]. Turbin *cross flow* umumnya digunakan pada aplikasi *mini* dan *micro hydro power* dengan daya kurang dari 2 MW dan head kurang dari 200 m. Turbin *cross flow* ditunjukkan pada gambar 1.



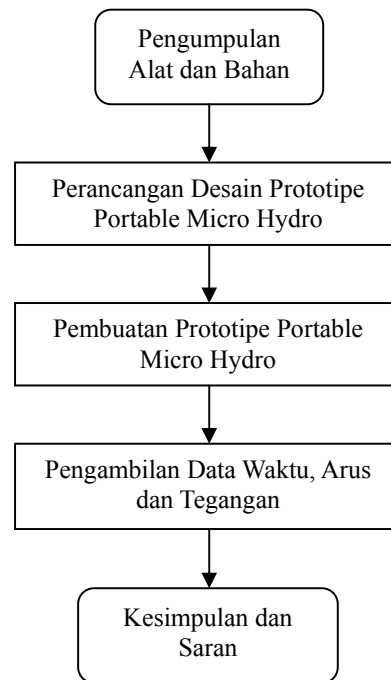
Gambar 1. Turbin cross flow

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian dan pengembangan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui keluaran arus dan tegangan generator pada pengembangan turbin air

tipe cross flow untuk aplikasi pembangkit listrik mikro hydro.

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan alat-alat dan bahan, perancangan desain prototipe portable micro hydro, pembuatan prototipe portable micro hydro dan pengambilan data. Urutan penelitiannya dapat dilihat berdasarkan diagram alir yang ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 2. Alur Penelitian

Dimensi turbin yang digunakan sebagai berikut :

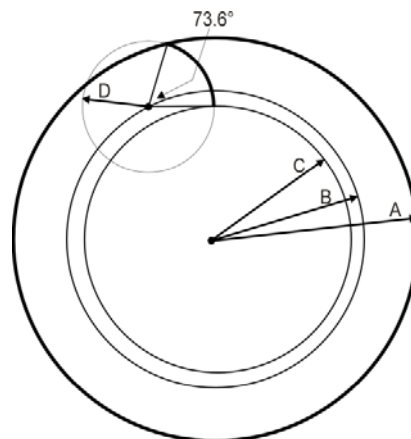
A: 1.25 inch (3.175 cm) maka:

$$B : A \times 0.736 = 0.92 \text{ inch (2.33 cm)}$$

$$C : A \times 0.66 = 0.825 \text{ inch (2.095 cm)}$$

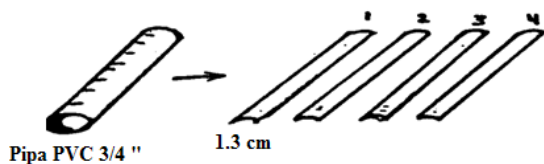
$$D : A \times 0.326 = 0.40 \text{ inch (1.033 cm)}$$

$$t : \text{diameter turbin} \times 0.174$$



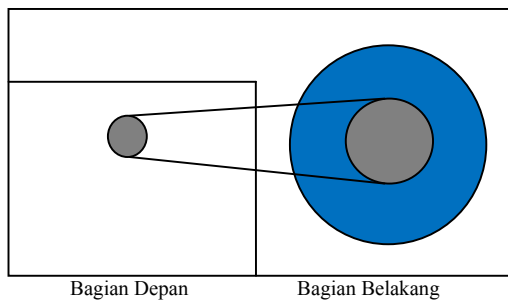
Gambar 3. Dimensi Turbin [6]

Banyaknya sudu yang dibuat pada turbin cross flow yaitu 20 sudu, dengan besar sudut masing-masing sudu  $18^\circ$  dan panjang sudu 2.5 inch menggunakan pipa PVC  $\frac{3}{4}$  inch.



Gambar 4. Desain Sudu Turbin [6]

Housing terdapat dua bagian, bagian depan dan belakang. Bagian depan dapat berfungsi untuk mengarahkan aliran air dan bagian belakang berfungsi sebagai tempat instalasi turbin serta tempat dinamo. Desain housing dibuat dari bahan akrilik bening ditunjukkan pada gambar 5.

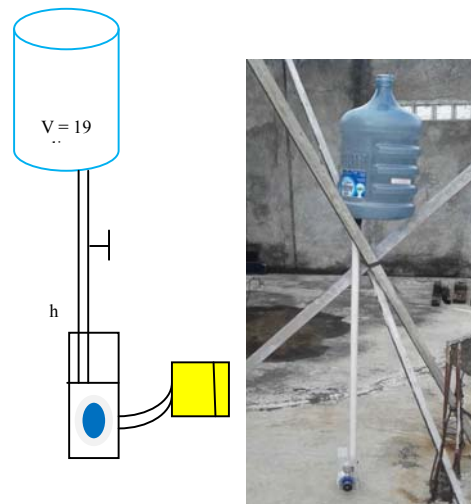


Gambar 5. Desain Prototipe Portable Micro Hydro

### 3. Hasil dan Pembahasan

Turbin yang sudah selesai dibuat kemudian diuji. Layout Penelitian Seperti pada gambar 6. Turbin di uji dengan mengalirkan air dari wadah melalui pipa dengan ketinggian tertentu. Pipa yang digunakan adalah pipa PVC berukuran  $\frac{3}{4}$  inch dengan variasi ketinggian 60 cm, 80 cm dan 100 cm. Kemudian output arus dan tegangan dari generator diukur dengan multimeter. Proses pengukuran ini dimulai dengan mengisi wadah air sampai penuh dengan variasi ketinggian tertentu (60cm, 80 cm, 100 cm) pada saat keadaan keran tertutup. Setelah wadah terisi penuh keran dibuka, air mengalir dari wadah melalui pipa dan kemudian akan mengenai turbin. Turbin kemudian berputar dan generator akan

menghasilkan output arus dan tegangan. Output arus dan tegangan ini diukur dengan menggunakan multimeter sampai air dalam wadah habis. Selama proses pengukuran data dari multimeter direkam. Dan kemudian data yang diambil adalah data arus maksimum dan tegangan maksimum pada ketinggian pipa 60cm, 80cm dan 100 cm.



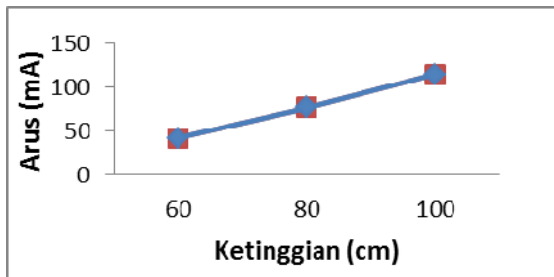
Gambar 6. Layout penelitian dengan ketinggian pipa (h) 60 cm, 80cm dan 100 cm

Data penelitian arus maksimum dan tegangan maksimum terhadap ketinggian pipa ditunjukkan pada tabel 3.

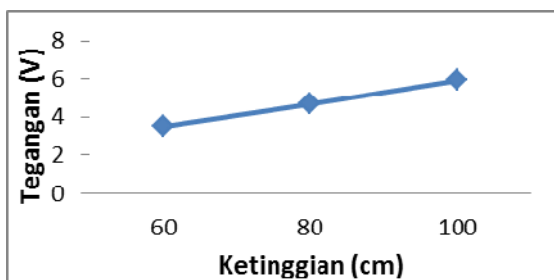
Tabel 3. Tinggi Pipa, Arus Maksimum, Tegangan Maksimum dan Daya Output

Tinggi Pipa (cm)	Arus Maksimum (mA)	Tegangan Maksimum (V)	Daya out (mW)
60	42.4	3.51	148.83
80	76.9	4.70	361.43
100	114.7	5.94	681.32

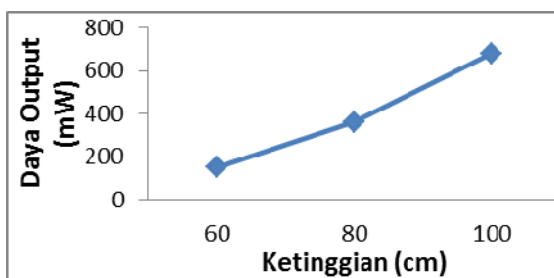
Dari tabel 3 dapat dibuat dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 7. Grafik hubungan ketinggian pipa vs arus maksimum



Gambar 8. Grafik hubungan ketinggian pipa vs tegangan maksimum



Gambar 9. Grafik hubungan ketinggian pipa vs daya output maksimum

Kita dapat menghitung  $P_{in}$  menggunakan persamaan 3 :

$$P_{in} = \rho Qgh \quad (3)$$

Dengan:

$P_{in}$  = daya masuk (watt)

$\rho$  = densitas air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$Q$  = debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$h$  = ketinggian (m)

Dari persamaan (3) kita juga dapat menghitung

efisiensi dari turbin dengan membandingkan antara tegangan output dan inputnya sebesar:

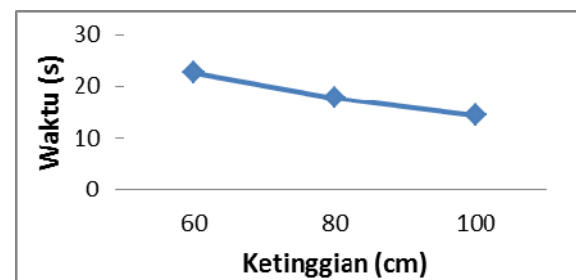
$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad (4)$$

Hasil data pengukuran waktu terhadap ketinggian, debit air, perhitungan daya input dan efisiensi turbin dapat dilihat pada tabel 4.

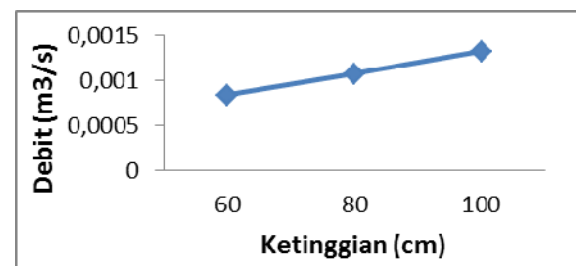
Tabel 4. Data pengukuran waktu terhadap ketinggian, debit air, daya input dan efisiensi.

<b>h (m)</b>	0.6	0.8	1.0
<b>t (s)</b>	22.54	17.66	14.32
<b>Q (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	0.000843	0.001076	0.001326
<b><math>P_{in}</math></b>	4.96	8.43	13.00
<b><math>P_{out}</math></b>	0.149	0.361	0.681
<b>Efisiensi (%)</b>	3.01	4.28	5.24

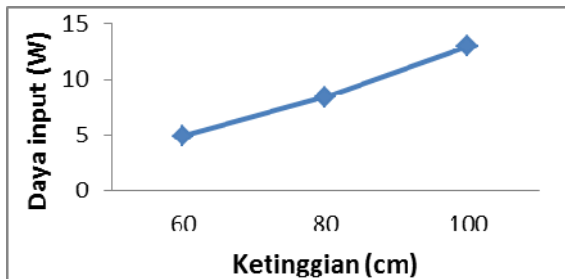
Dari tabel 4 dapat dibuat dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik hubungan ketinggian pipa vs waktu



Gambar 11. Grafik hubungan ketinggian pipa vs debit air



Gambar 12. Grafik hubungan ketinggian pipa vs daya input

Dari Tabel 4. Terlihat bahwa semakin tinggi pipa maka kecepatan air yang mengenai turbin akan semakin tinggi pula, ini menyebabkan daya input dan output semakin besar. Turbin memiliki efisiensi terbesar pada saat ketinggian pipa 100 cm sebesar 5.24 % dan efisiensi terendah pada saat ketinggian pipa 60 cm sebesar 3 %. Dari tabel 4 menunjukkan efisiensi relatif kecil dikarenakan pada saat air mengenai turbin banyak yang terbuang. Dan disebabkan oleh beberapa faktor seperti tingkat kepresisian alat pada saat pembuatan dan penggunaan dinamo bekas sebagai generator sampai pada desain housing turbin yang belum efisien.

Tingkat kepresisian turbin akan mempengaruhi performa dari turbin itu sendiri. Semakin presisi turbin maka kecepatan turbin berputar akan semakin tinggi. Turbin *cross flow* yang telah dibuat memang memiliki tingkat kepresisian yang masih rendah. Hal ini bisa kita lihat pada hasil pembuatan sudu turbin dan penampangannya. Dari hasil turbin *cross flow* yang sudah dibuat, bentuk sudu turbin masih belum simetris dan begitu juga halnya dengan penampang turbin. Hal ini dikarenakan karena dalam pembuatan turbin masih menggunakan alat pemotong sederhana, gergaji besi untuk memotong sudu dan gergaji akrilik yang digunakan untuk membuat penampang turbin. Pada umumnya turbin *cross flow* yang terbuat dari bahan besi, pemotongan dilakukan dengan menggunakan laser sehingga didapatkan bentuk yang simetris. Penggunaan poros turbin yang tidak lurus dan rata juga mengakibatkan adanya ketidakseimbangan pada saat turbin berputar.

Rendahnya efisiensi dari *prototipe* ini juga tidak lepas dari desain *housing* turbin yang belum bagus. Jika kita membandingkan dari desain *housing* turbin *cross flow* pada umumnya, housing jenis turbin ini memiliki beberapa komponen, salah-satu komponen

utamanya adalah guide vane (distributor). Guide vane ini berfungsi untuk mengarahkan aliran air yang secara efektif meneruskan energi dari aliran air tersebut ke sudu atau rotor turbin. Dengan demikian energi kinetik yang berasal dari pancaran air akan menggerakkan rotor dan menghasilkan energi mekanik yang seterusnya memutar generator melalui belt.



Gambar 13. Prototipe Portable Mikro Hydro

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Telah dibuat prototipe portable mikro hidro dengan menggunakan turbin tipe *cross flow*.
2. Arus maksimum dengan resistor 330  $\Omega$  pada setiap ketinggian 60 cm, 80 cm dan 100 cm adalah 42.4 mA, 76.9 mA, 114.7 mA.
3. Tegangan maksimum pada ketinggian 60 cm, 80 cm, dan 100 cm adalah 3.51 V, 4.70 V, 5.94 V.
4. Efisiensi tertinggi diperoleh pada saat ketinggian pipa 100 cm dengan besar efisiensi sebesar 5.24 %.
5. Berdasarkan hasil yang diperoleh membuktikan bahwa semakin tinggi jatuhnya air, maka akan meningkatkan nilai efisiensi.
6. Rendahnya nilai efisiensi di sebabkan oleh penggunaan generator bekas dan pembuatan turbin yang belum presisi.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada seluruh jajaran staf Laboratorium Fisika Universitas Negeri Jakarta yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian ini dan kepada semua pihak yang telah membantubaik secara langsung maupun tidak langsung.

### **Daftar Pustaka**

- [1] Breslin, W.R. Small Michell (Banki) Turbine: A Construction Manual. Volunteer s in Technical Assistance, 3706 Rhode Island Avenue, Mt. Rainier, Maryland 20822.USA
- [2] Giancolli. 2005. *Physics: Principle With Aplications, 6<sup>th</sup> edition*. Pearson Prentice Hall
- [3] Singh, Dilip. 2009. *Micro Hydro Power Resource Assessment Hanbook*. Asian and Pacific Centre for Transfer Of Technology of the United Station (APCTT)-Economic and Sosial Commission for Asia and the Pacific (ESCAP).
- [4] NN. *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant*. ESHA 2004
- [5] Ho-Yan, Bryan. Lubitz, W David. 2011. *Performance evaluation of cross-flow turbine for low head application*. World Renewable Energy Congress 2011 – Sweden.
- [6] Chattopadhyay, Abhiroop. 2010. *Cross-Flow Water Turbine A Design Manual: A quick and reliable guide to the designing of cross-flow waterturbine*.