

## PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP KINERJA TURBIN CROSSFLOW

Rustan Hatib\*, Andi Ade Larasakti\*\*

\*Dosen jurusan Teknik mesin Universitas Tadulako

\*\*Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Satria Makassar

Email : [rustanhatib98@gmail.com](mailto:rustanhatib98@gmail.com)

### ABSTRACT

*Cross water turbine is a water turbine radial flow where the flow of water in and out of the rotor through the rotor peripheral circle of the same. These turbines are often used for Power Plant Mikrohidro. For the characteristics of this turbine is strongly influenced by the opening of the blade, as well as the load on the turbine wheel each valve opening. Thus it is necessary to do research on the relationship between the load and adjust the opening round as well as the opening of the blade on each valve 500, 700 and 900. In this study, the load varied from 0.5 to 5 kg at the opening of the valves 500, 900 700dan. The research method used is a real experimental method. From this study it was found that the change in the valve opening is different loads affect the performance of cross-flow water turbines. Nt 224.6 kW biggest, biggest Nh 231.9 kW and the greatest efficiency is 96.85% obtained at the opening of the valve 900, a load of 5 kg with a rotation of 250 rpm.*

**Keywords:** *mycro hydro, water turbines, cross flow, load, performance*

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi meningkat disegala bidang dengan begitu cepat. Kemajuan ini membawa konsekuensi pada peningkatan kebutuhan akan daya listrik. Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang banyak dibutuhkan, ini dimungkinkan karena energi listrik mudah dalam penyaluran dan dapat dengan mudah dirubah ke bentuk energi lain.

Penelitian ini sangat penting mengingat potensi tenaga air tersebar hampir diseluruh Indonesia dan diperkirakan mencapai 75.000 MW, sementara dimanfaatkan untuk pembangkit baru sekitar 2,5% dari potensi yang ada untuk memenuhi kebutuhan listrik daerah pedesaan yang belum terjangkau PLN dan mengingat tenaga air salah satu potensi sumber energi yang sangat besar, namun pemanfaatannya masih di bawah

potensinya, maka penerapan PLTMH merupakan alternatif yang paling baik.

Pada PLTMH energi potensial air dirubah menjadi energi mekanik pada turbin yang selanjutnya ditransmisikan ke generator pembangkit listrik. Pemilihan jenis turbin disesuaikan dengan debit air, putaran turbin serta head.(Rosyidin, dkk)

Debit air dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang memutar turbin rendah. Kecepatan aliran air menurun karena putaran turbin menurun akibat gesekan yang ditimbulkan oleh massa pembebanan dan untuk menghasilkan energi listrik yang stabil maka perlu dilakukan suatu penelitian dengan memvariasikan massa pembebanan dengan mengatur sudu pengarah pada setiap pembukaan katup sehingga dapat mengetahui karakteristik dari turbin air.

Turbin air adalah mesin konversi energy yang berfungsi untuk merubah/mengkonversi energi potensial yang dimiliki oleh air ke bentuk energi mekanik pada poros turbin. Sebelum diubah menjadi energi mekanik pada turbin maka energi potensial diubah menjadi energi kinetik terlebih dahulu.

Turbin air dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara namun paling umum adalah berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya. Berdasarkan klasifikasi ini turbin air dapat dibedakan menjadi 2 golongan yaitu :

1. Turbin Impuls

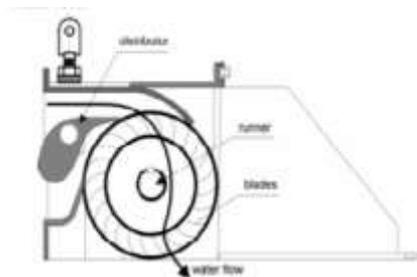
Turbin impuls adalah turbin yang mana proses aliran fluida kerjanya (penurunan tekanan) hanya terjadi pada sudu sudu tetapnya. Pada sudu sudu geraknya tidak terjadi penurunan tekanan.

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin air yang mana proses ekspansi fluida terjadi pada sudu tetap dan sudu geraknya.

3. Turbin Cross flow

Turbin cross flow merupakan turbin impuls yang berporos horizontal bekerja dengan cara tekanan air dikonversikan menjadi energi kinetic di inlet adaptor. Aliran air yang menyebabkan berputarnya runner setelah berbenturan pertama dengan sudu turbin, kemudian menyilang mendorong sudu tingkat kedua.



Gambar 1. Turbin cross flow (Penche & Minas, 1998)

Karakteristik Turbin Cross-flow

Turbin Cross-Flow memiliki karakteristik yang spesifik dibanding jenis

penggerak turbin lainnya diantaranya ialah :

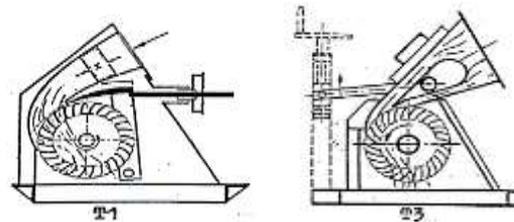
Keunggulan Turbin Cross-Flow

Turbin cross flow ini banyak dipakai pada PLTA skala kecil dengan kisaran head yang sama dengan turbin jenis Kaplan, Francis dan pelton. Kisaran operasinya meliputi debit antara 20 liter sampai 10 m<sup>3</sup> perdetik, serta head antara 1 sampai 200 m. Turbin cross flow ini selalu mempunyai sumbu runner yang horizontal.

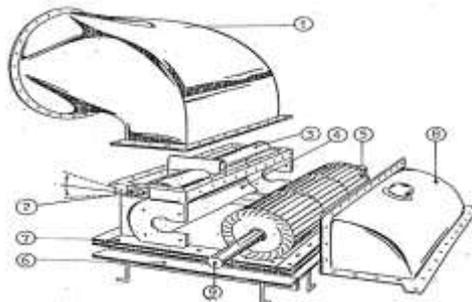
Type Turbin Cross Flow

Turbin Cross-Flow secara umum dapat dibagi dalam dua tipe (Haimerl L.A. 1960, [Bachtiar, Asep Neris. 1988](#)) Kedua tipe turbin tersebut dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini :

1. Tipe T1, yaitu Turbin Cross-Flow kecepatan rendah .
2. Tipe T3, yaitu Turbin Cross-Flow kecepatan tinggi.



Gambar 2. Dua Tipe Turbin Cross-Flow. (Haimerl, 1960)



Gambar 3. Model Rakitan Turbin Cross-Flow (Haimerl, 1960)

1. Elbow
2. Poros katup
3. Sudu Pengarah

4. Nosel
5. Runner
6. Rangka pondasi
7. Rumah turbin
8. Tutup turbin (casing)
9. Poros runner
10. Air vent

Teori dan Persamaan pada Turbin

1. Daya output turbin ( $Nt$ )  
 $Nt = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot m \cdot g \cdot r / 60$  (Watt) ..... (1)

Dengan :

- $Nt$  = Daya Turbin (Watt)
- $n$  = Putaran turbin
- $m$  = massa pembebanan (kg)
- $g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $r$  = Jari-jari fully

2. Kerugian Head Mayor

$$hf = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g} \quad (m) \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

- $hf$  = Kerugian head karena gesekan (m)
- $f$  = Faktor gesekan
- $d$  = Diameter dalam pipa (m)
- $L$  = Panjang pipa (m)
- $v$  = Kecepatan aliran fluida (m/s)
- $g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

3. Kerugian head ( $Hk$ )

$$Hk = k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (m) \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

- $Hk$  = Kerugian head (m)
- $k$  = Koefisien kerugian
- $v$  = Kecepatan aliran fluida ( m/s)
- $g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

4. Head efektif ( $He$ )

$$He = H - Hf - Hk \quad (m) \dots\dots\dots (4)$$

Dengan :

- $He$  = Head efektif (m)
- $H$  = Head (m)
- $Hf$  = Kerugian head karena gesekan (m)
- $Hk$  = Kerugian head (m)

5. Laju aliran volume ( $Q$ )

$$Q = Cd \cdot A_1$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta h (\rho_{Hg} - \rho_{H_2O}) + y \cdot \rho_{H_2O}}{\rho_{H_2O} [1 - (A_2 / A_1)^2]}} \quad (m^3/s)$$

... (5)

Dengan :

- $Q$  = Kapasitas aliran ( $m^3/s$ )
- $Cd$  = Koefisien discharge
- $Ao$  = Luas penampang orifice (m)
- $A_1$  = Luas penampang pipa (m)
- $y$  = Kemiringan pipa penstok (m)
- $g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $\Delta h$  = Beda head manometer (mHg)
- $\rho_{Hg}$  = Massa jenis Air Raksa ( $kg/m^3$ )
- $\rho_{H_2O}$  = Massa jenis Air ( $kg/m^3$ )

6. Daya air yang tersedia ( $Na$ )

$$Na = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \quad (Watt) \dots\dots\dots (6)$$

Dengan :

- $Na$  = Daya air (Watt)
- $\rho$  = Massa jenis air ( $kg/m^3$ )
- $g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $Q$  = Laju aliran dalam pipa ( $m^3/s$ )
- $h$  = Head efektif (m)

7. Efisiensi turbin ( $\eta t$ )

$$\eta t = \frac{Nt}{Nh} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

Dengan :

- $\eta t$  = Efisiensi turbin (%)
- $Nt$  = Daya turbin (Watt)
- $Nh$  = Daya air (Watt)

8. Putaran spesifik ( $ns$ )

$$n_s = n \frac{\sqrt{Q}}{H_e^{3/4}} \quad (\text{rpm}) \quad \dots\dots (8)$$

Dengan :

$n_s$  = Putaran spesifik (rpm)

$n$  = Putaran (rpm)

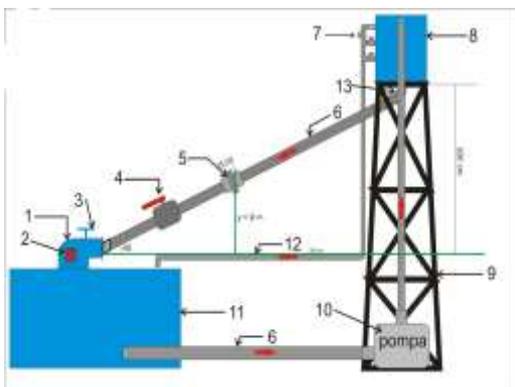
$H_e$  = Head efektif (m)

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode eksperimental. Pengujian dilakukan pada setiap pembukaan katup  $50^\circ$ ,  $70^\circ$  dan  $90^\circ$  dengan pembukaan sudu pengarah  $5^\circ$  serta massa beban divariasikan dari 0,5 kg sampai 5 kg dengan putaran turbin yang berbeda.

### Instalasi Pengujian Gambar dan Keterangan

Instalasi pengujian seperti diperlihatkan pada gambar berikut :



**Gambar 4.** Instalasi pengujian

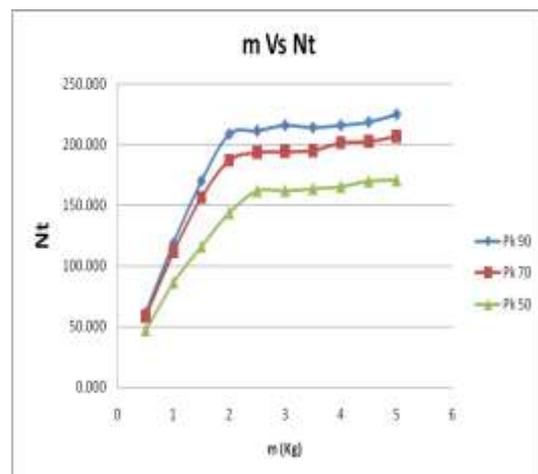
Keterangan Gambar:

1. Turbin.
2. Puly.
3. Tuas pengubah sudut sudu pengarah.
4. Katup Ball 3".
5. Sambungan Plans 3".
6. Pipa Wavin Pralon 3".
7. Katup Ball 2".
8. Bak Penampungan Atas.

9. Tower.
10. Pompa (*Swits On/Off*).
11. Bak Penampungan Bawah.
12. Pipa Wavin Pralon 2".
13. Sambungan  $45^\circ$ .

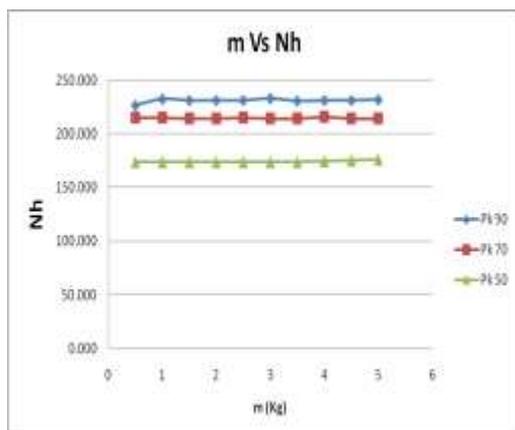
### HASIL DAN DISKUSI

- Hasil dan pembahasan data sebagai berikut :



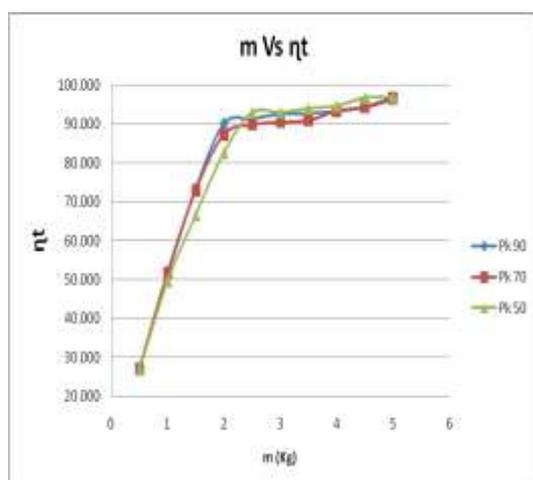
**Gambar 5.** Grafik pengaruh perubahan beban (m) kg dengan daya output turbin (Nt)% pada pembukaan katup penuh ( $50^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $90^\circ$ ).

Dari gambar diatas diketahui bahwa semakin besar beban yang diberikan maka daya output turbin semakin besar. Hal ini dapat diperlihatkan pada pembukaan katup  $50^\circ$  bahwa jika beban 0,5 kg maka daya outputnya 46,7 Watt sedangkan pada beban 5 kg daya output 170,7 Watt. Begitupun juga pada pembukaan katup  $70^\circ$  dan  $90^\circ$ . Hal ini disebabkan bahwa semakin besar beban yang diberikan menyebabkan putaran menurun akibat gesekan yang terjadi sehingga daya output naik. Dalam hal ini pembebanan berbanding lurus dengan daya output turbin.



**Gambar 6.** Grafik pengaruh perubahan beban (m) kg dengan daya air Nh (Watt) pada pembukaan katup 50, 70 dan 90°

Dari gambar diatas diperlihatkan bahwa semakin besar beban maka daya air semakin naik. Hal ini dapat dilihat pada pembukaan katup 50°, jika pembebanan yang diberikan 0,5 kg maka daya airnya 173,98 Watt dan pada pembebanan 5 kg maka daya airnya 176,3 watt. Hal yang sama juga terjadi pada pembukaan katup 70° dan 90°. Ini disebabkan karena semakin besar beban maka debit air semakin besar sehingga menyebabkan daya air bertambah besar. Dalam hal ini debit berbanding lurus dengan daya air.



**Gambar 7.** Grafik 3. pengaruh perubahan beban (m) kg dengan daya air Nh (Watt) pada pembukaan katup 50, 70 dan 90°

Berdasarkan Gambar 7, pengaruh perubahan beban dengan efisiensi turbin pada pembukaan katup memperlihatkan bahwa semakin besar pembebanan yang diberikan, efisiensi turbin yang dihasilkan semakin meningkat atau bertambah, hal ini menunjukkan bahwa perubahan pembebanan berbanding lurus dengan efisiensi turbin. Terlihat dengan jelas bahwa semakin besar perubahan beban yang diberikan terhadap efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) %, maka akan besar pula efisiensi yang dihasilkan. Perubahan pembebanan pada beban 5 kg menghasilkan efisiensi turbin yang maksimum, hal ini disebabkan karena pada pembebanan 5 kg kecepatan putaran turbin menurun karena terjadi gesekan sehingga kecepatan aliran air yang memutar turbin rendah, maka efisiensi turbin yang dihasilkan meningkat.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengambilan data perhitungan dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Perubahan beban yang diberikan ke turbin berpengaruh terhadap kinerja turbin. Pada beban dari 0,5 kg sampai 5 kg kinerja turbin semakin naik pada setiap pembukaan katup 50°, 70° dan 90°. Efisiensi turbin tertinggi didapat dari pembukaan katup 90°, beban 5 kg serta putaran 250 rpm dengan nilai 26,85%.

### DAFTAR PUSTAKA

Dietzel, F, 1996 : Turbin pompa dan compressor, Erlangga, Jakarta.

Haimerl, L.A.1960. The crossflow Turbine. Jerman Barat.

Penche, C., I. Dc Minas 1998. Layman'S Gued book : on how to develop a small hydrosite 2<sup>nd</sup> edition; Berussel: European Small Hidro Power Assosiation.

Rosyidin, S. D., & Sugiarto, (t.t),  
Pengaruh bukaan gude vane  
terhadap unjuk kerja turbin  
crossflow tipe C4-20 pada instalasi  
PLTMH Andungbiru', Jurusan  
Teknik Mesin UNIBRAW, diakses  
tgl 20 Juni 2013, termuat di :  
http: //www. Google.co.id/#q:  
pengaruh + bukaan+guide+vane

White, F. M; 1994; Fluid Mechanic; Mc  
Graw Hill, Singapore.