

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH BENTUK SUDU
TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN HELIK UNTUK SISTEM
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH)**

Andreas Wijaya Sitepu¹⁾ Jorfri B. Sinaga²⁾ dan Agus Sugiri²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung

Jln. Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedung H FT Lt. 2 Bandar Lampung

Telp. (0721) 355519, Fax. (0721) 704947

Abstract

Electric energy demand in Indonesia is currently growing and is still dominated by energy-based fossil fuels, such as petroleum and coal. Fossil fuels are not renewable energy, so that when exploited continuously then fossil fuel reserves will be exhausted. In addition there are also areas where geographical conditions which do not allow the electrical networks up to the community. It needs to be made an effort to supply electrical energy needs by utilizing existing and potential conditions on the area such as energy of water flow. One of the turbines that can be used to harness the energy of water flow is helical turbines. The parameters for the use of a turbine is one form of helical blades (NACA), where the form of the blades (NACA) it affects the style of the lift and drag forces helical turbines. On the research study was performed experimentally on effect shape of blade of the helical turbine blades form by varying the shape of turbine blades NACA 0020, 0025 and 0030 with number of blades as much as 3 pieces for each form of blades. From the results of testing the turbine efficiency is obtained by helical 33,97% on the operation of the turbine blades with NACA helical 0030 and water flow rate of 0.8 m/s with a given light load of 130 Watts.

Keywords : *water turbines, micro hydro, the helical turbine, water power.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia saat ini semakin meningkat dan masih didominasi oleh energi yang berbasis bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara. Kerugian dari penggunaan bahan bakar fosil adalah sifatnya yang tidak ramah lingkungan, karena hasil pembakaran bahan bakar fosil adalah CO₂ yang merupakan gas rumah kaca. Bahan bakar fosil merupakan energi yang tak terbarukan, sehingga apabila dieksploitasi secara terus menerus maka cadangan bahan bakar fosil akan habis. Selain itu ada juga daerah-daerah yang letak atau kondisi geografisnya yang tidak memungkinkan jaringan listrik sampai kepada masyarakat. Maka dari permasalahan tersebut perlu dilakukan suatu upaya untuk menyuplai kebutuhan energi listrik dengan memanfaatkan kondisi dan potensi yang ada pada daerah tersebut. Sebenarnya banyak energi yang dapat dimanfaatkan menjadi energi

listrik, tapi banyak terkendala dalam hal biaya pembuatan dan operasional. Oleh karena itu perlu dikembangkan sumber energi alternatif yang dapat menggantikan sumber energi berbasis fosil, yang ramah lingkungan dan bersifat terbarukan. Pemanfaatan energi aliran air sebagai pembangkit listrik merupakan salah satu cara penggunaan sumber energi terbarukan. Di Indonesia telah banyak dikembangkan pembangkit listrik dengan menggunakan turbin, namun kebanyakan turbin tersebut memanfaatkan tinggi jatuh air (*head*) sebagai penggeraknya, seperti air terjun dan bendungan. Turbin helik adalah turbin yang bekerja tanpa memerlukan ketinggian jatuh air, turbin helik memanfaatkan energi seperti aliran sungai dan gelombang air laut yang belum banyak dikembangkan, yang sebenarnya memiliki potensi yang besar sebagai sumber energi pembangkit listrik PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro). Salah satu parameter unjuk kerja dari

turbin helik adalah bentuk sudu (*NACA*), dimana bentuk sudu mempengaruhi gaya aerodinamis dari turbin helik. Hal inilah yang melatarbelakangi perlu dilakukannya kajian eksperimental tentang pengaruh bentuk sudu terhadap unjuk kerja turbin helik untuk sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH).

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Kebanyakan PLTMH dirancang sebagai sistem *run off the river*, yang berarti tidak diperlukan dam yang besar di sungai, tetapi hanya struktur saluran pengalihan aliran air biasa. Dalam beberapa kasus, air disimpan untuk memenuhi beban puncak harian tetapi tidak ada air yang disimpan dalam jangka panjang. Oleh karena itu instalasi sistem *run off the river* tidak memiliki dampak negatif yang sama terhadap lingkungan dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga air skala besar (PLTA). Teknologi air sebagai pembangkit tenaga air skala kecil adalah salah satu teknologi pemanfaatan energi yang handal dan hemat biaya, yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam penyediaan energi yang ramah lingkungan.^[3]

B. Potensi Dan Pemanfaatan Tenaga Air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Total energi yang tersedia dari suatu reservoir air merupakan energi potensial air, yaitu :^[3]

$$E_p = m.g.h \text{ (Joule) } \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- E_p adalah energi potensial air (Joule)
- m adalah massa air (kg)
- h adalah *head* (m)
- g adalah percepatan gravitasi (m/s^2)

Energi kinetik air dapat dihitung dengan persamaan:^[3]

$$E = 0,5.m.v^2 \text{ (Joule) } \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- E adalah energi kinetik air (Joule)
- m adalah massa air (kg)
- v adalah kecepatan aliran air (m/s)

C. Turbin Air

Turbin air adalah turbin dengan air sebagai fluida kerja. Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa, energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, dimana air memutar roda turbin.

Jenis-Jenis turbin

Turbin air dibedakan dalam dua golongan utama, yaitu dipandang dari segi perubahan momentum fluida kerjanya,

- a. Turbin Impuls
- b. Turbin Reaksi

a. Turbin Impuls

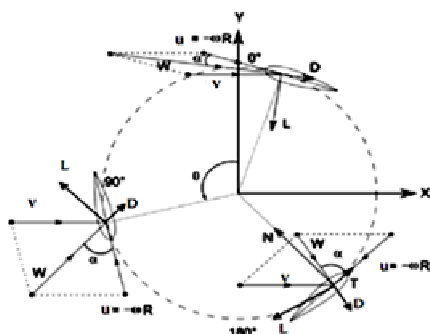
Turbin impuls merupakan turbin air yang memiliki tekanan sama pada setiap sudu gerakannya (*runner*). Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nosel. Air keluar nosel yang mempunyai kecepatan tinggi yang membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impuls*). Akibatnya roda turbin akan berputar. Jenis dari turbin impuls adalah turbin Pelton, turbin Turgo dan turbin *Crossflow*.

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 reaksi bekerja dengan secara langsung mengubah energi kinetik juga energi tekanan secara bersamaan menjadi energi mekanik. Jenis dari turbin ini adalah turbin Francis dan turbin Kaplan.

D. Airfoil

Airfoil adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi *airfoil*.



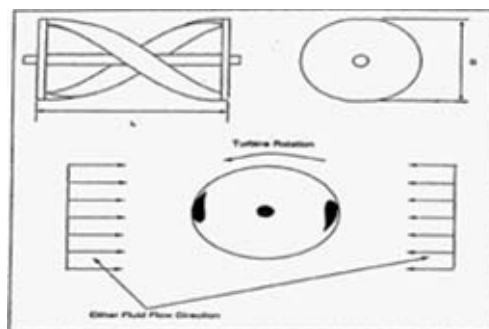
Gambar 1. Aliran gaya pada *airfoil*.^[4]

Untuk *airfoil* NACA telah dikeluarkan standar data beserta karakteristik aerodinamiknya yang dinyatakan dalam bentuk *serial number* yang terdiri dari 4 digit, yang mana setiap digitnya mempunyai arti sebagai berikut:

- Angka pertama menunjukkan harga maksimum *chamber* dalam persentase terhadap *chord*.
- Angka kedua menunjukkan lokasi dari maksimum *chamber* dalam persepuluh *chord*.
- Dua angka terakhir menunjukkan maksimum *thickness* dalam persentase *chord*.

E. Turbin Helik

Turbin helik adalah turbin yang digunakan untuk memanfaatkan energi kinetik dan tenaga air pada *head* yang rendah. Turbin helik bekerja dengan memanfaatkan aliran air yang akan melewati *airfoil* (sudu turbin helik) karena bentuk sudu *airfoil* terpilin memungkinkan jika dilewati aliran air akan mengakibatkan putaran.



Gambar 2. Turbin helik dengan dua sudu.^[1]

F. Model Matematik untuk Perhitungan Daya Turbin Helik

Gaya aerodinamis yang dihasilkan adalah gaya *lift* (L) dan gaya *drag* (D), dimana gaya *lift* dan gaya *drag* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:^[1]

$$D = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot W^2 \cdot A \dots\dots\dots(3)$$

$$L = \frac{1}{2} \cdot C_l \cdot \rho \cdot W^2 \cdot A \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- C_l adalah koefisien *lift*
- C_d adalah koefisien *drag*
- W adalah resultan vektor kecepatan (m/s)
- ρ adalah massa jenis air (kg/m³)
- A adalah luas penampang sudu (m²)

Dengan memproyeksikan gaya *lift* dan *drag* sebagai gaya yang tegak lurus terhadap lengan (jari-jari), maka selanjutnya dapat diketahui nilai torsi (T) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.^[1]

$$T = F \cdot R = (L \cdot \sin \alpha - D \cdot \cos \alpha) R \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

- T adalah torsi (Nm)
- F adalah gaya tegak lurus terhadap lengan (N)
- R adalah jari-jari turbin (m)

Daya air / daya hidro dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$P_w = 0,5 \cdot \rho \cdot Q \cdot V^2 \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

P_w adalah daya air / daya hidro (Watt)

ρ adalah kerapatan massa fluida (1000 kg/m³)

Q adalah debit air (m³/s)

V adalah kecepatan aliran air (m/s)

Daya turbin / daya poros dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

P_t adalah daya poros (Watt)

T adalah torsi (Nm)

ω adalah kecepatan sudut turbin, (rad / sec)

Efisiensi turbin diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\eta = (P_t / P_w) \cdot 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

P_t adalah daya poros (Watt)

P_w adalah daya hidro (Watt)

METODE PENELITIAN

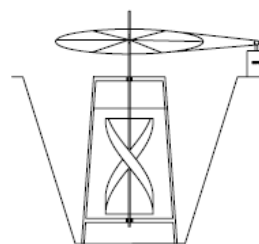
A. Alat

Adapun alat yang digunakan untuk pengambilan data sebagai berikut:

- 1. *Clampmeter*
- 2. *Multimeter*
- 3. *Tachometer*
- 7. Generator
- 8. Rangkaian lampu Paralel
- 4. Obeng
- 5. kunci
- 6. Pahat
- 9. *Pully* generator

B. Metode Pengambilan Data

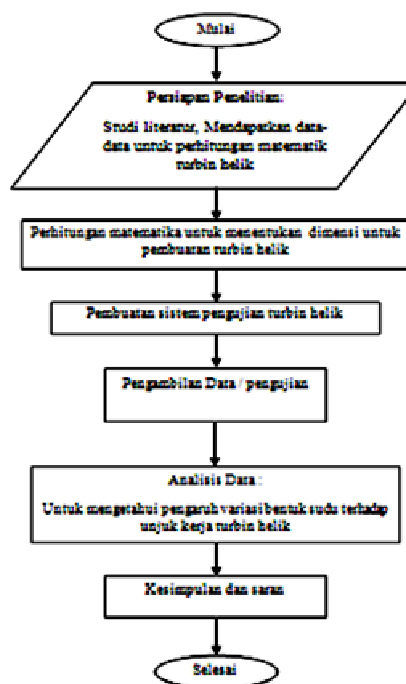
Adapun data yang akan diambil dalam penelitian turbin helik adalah kecepatan putaran turbin (rpm), kecepatan putaran generator (rpm), arus listrik (A), tegangan (V) dan kecepatan air (m/s).



Gambar 3. Sistem pengujian turbin helik.

Dalam pengambilan data dilakukan variasi ketinggian air terhadap permukaan turbin yaitu 10 cm di bawah permukaan turbin, sejajar permukaan turbin dan 10 cm di atas permukaan turbin untuk setiap bentuk sudu (NACA).

C. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram alir proses penelitian.

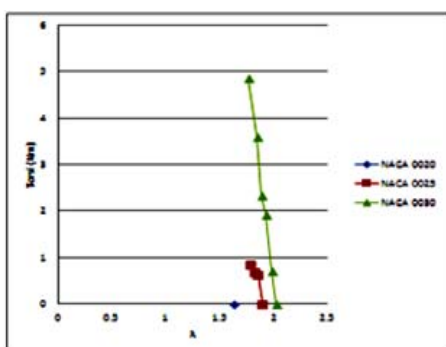
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian terhadap turbin helik, maka didapat data-data seperti putaran (rpm), tegangan (V), dan arus listrik (A) yang nantinya akan digunakan untuk menghitung torsi turbin, daya poros, dan efisiensi dari turbin helik. Dari hasil perhitungan dapat

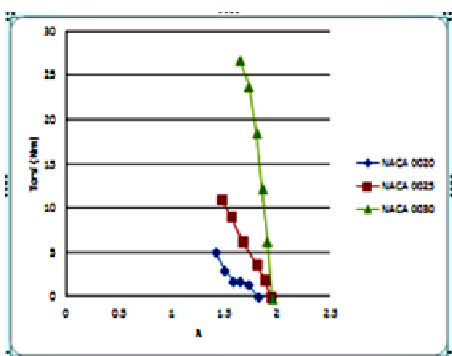
dibuat dalam bentuk grafik untuk menunjukkan hubungan antara :

1. Torsi terhadap *tip speed ratio*
2. Daya poros terhadap *tip speed ratio*
3. Efisiensi terhadap *tip speed ratio*

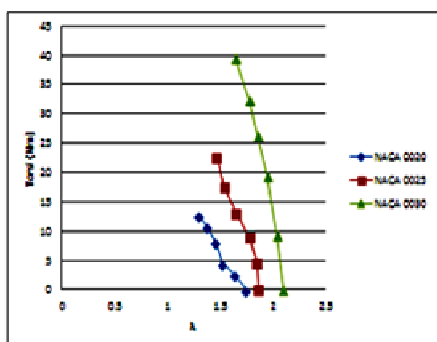
1. Hubungan Antara Torsi terhadap Tip Speed Ratio (TSR)



Gambar 5. Grafik hubungan antara torsi terhadap TSR untuk kecepatan aliran air 0,52 m/s.

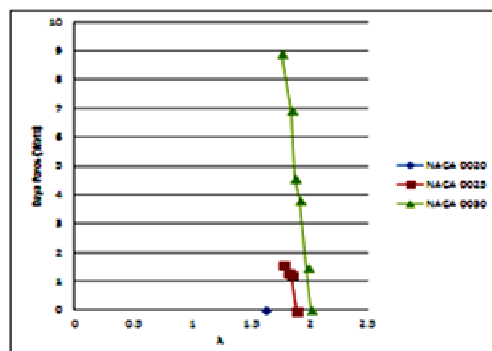


Gambar 6. Grafik hubungan antara torsi terhadap TSR untuk kecepatan aliran air 0,68 m/s.

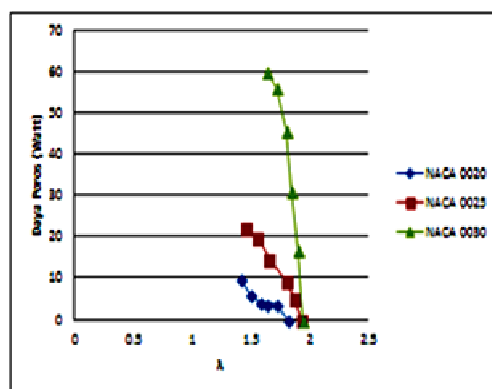


Gambar 7. Grafik hubungan antara torsi terhadap TSR untuk kecepatan aliran air 0,8 m/s.

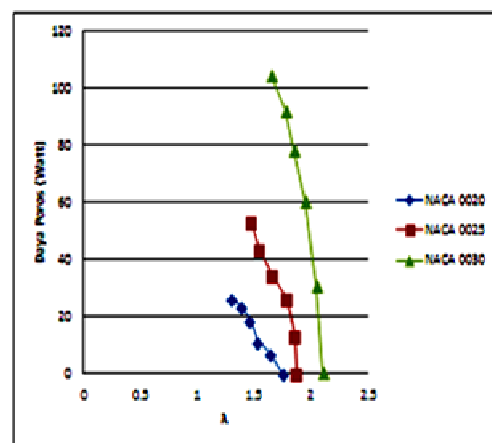
2. Hubungan Antara Daya Poros terhadap Tip Speed Ratio (TSR)



Gambar 8. Grafik hubungan antara daya poros terhadap TSR untuk kecepatan aliran air 0,52 m/s.

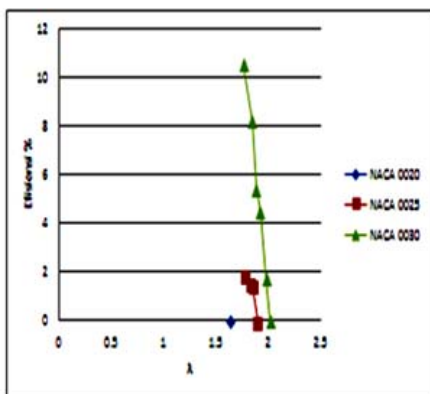


Gambar 9. Grafik hubungan antara daya poros terhadap TSR untuk kecepatan aliran air 0,68 m/s.

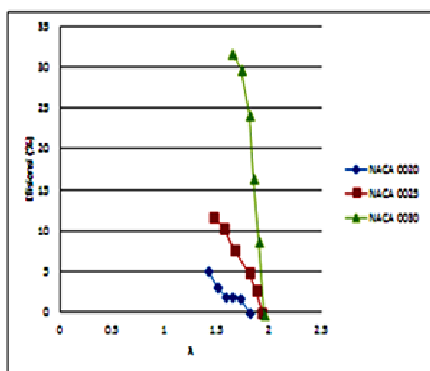


Gambar 10. Grafik hubungan antara daya poros terhadap TSR untuk kecepatan aliran air 0,8 m/s.

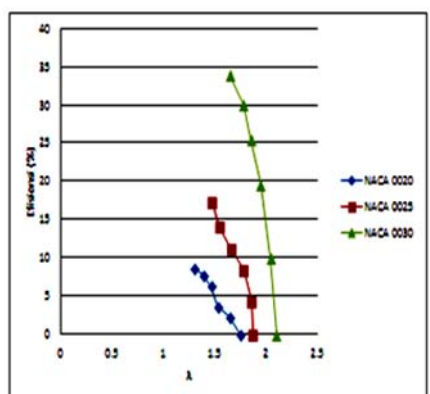
3. Hubungan Antara Efisiensi terhadap *Tip Speed Ratio* (TSR)



Gambar 11. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap TSR untuk kecepatan aliran air 0,52 m/s.



Gambar 12. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap TSR untuk kecepatan aliran air 0,68 m/s.



Gambar 13. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap TSR untuk kecepatan aliran air 0,8 m/s.

Dari hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat bahwa bentuk sudu *NACA 0030* merupakan bentuk sudu yang terbaik dibandingkan dengan bentuk sudu lain yang diuji yaitu, *NACA 0020* dan *0025*. Hal ini dipengaruhi oleh gaya aerodinamis yang bekerja untuk masing-masing bentuk sudu. Untuk bentuk sudu *NACA 0030* memiliki gaya aerodinamis terutama gaya *lift* yang lebih besar dibandingkan bentuk sudu yang lain. Untuk menentukan gaya *lift* dan *drag* harus dicari koefisien *lift* dan *drag*. Koefisien *lift* dan *drag* dapat dicari dengan menggunakan *software JavaFoil*.^[2]

Nilai efisiensi maksimum pengujian sebesar 33,97 % untuk bentuk sudu *NACA 0030* mendekati nilai efisiensi turbin helik yang diuji oleh *US Department of Energy and the National Science Foundation* pada tahun 1993-1995 sebesar 35 %.^[1]

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada turbin helik dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Bentuk sudu (*NACA*) mempengaruhi hasil unjuk kerja dari turbin helik.
2. Dari ketiga bentuk sudu yang diuji yaitu bentuk sudu *NACA 0020*, *0025* dan *0030* yang terbaik adalah bentuk sudu *NACA 0030* untuk setiap kenaikan kecepatan aliran air yang dilakukan pengujian, dimana daya listrik maksimum yang bisa dibangkitkan sebesar 130 Watt pada kecepatan air 0,8 m/s.
3. Efisiensi maksimum turbin helik yang dilakukan pengujian didapatkan pada turbin helik dengan bentuk sudu *NACA 0030* dengan efisiensi maksimum sebesar 33,97 %.
4. Nilai efisiensi maksimum yang didapatkan mendekati nilai efisiensi turbin helik yang diuji oleh *US Department of Energy and the National Science Foundation* pada tahun 1993-1995 sebesar 35 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gorlov, A.M. 2010. *Helical Turbin and Fish Safety*. Mechanical Engineering Department Northeastern University, Boston, MA 02115. Diunduh dari <http://www.mainetidalpower.com/files/gorlovrevised.pdf> pada tanggal 17 Oktober 2013.
- [2] Hepperle, M. 2011. *JavaFoil User's Guide*.
- [3] Sitompul, R. 2011. *Teknologi Energi Terbarukan Yang Tepat Untuk Aplikasi Di Masyarakat Pedesaan*. Jakarta. Diunduh dari http://psflibrary.org/catalog/repository/TrainingManualRenewableenergy_greenPNP-M-DANIDA.pdf pada tanggal 26 November 2012.
- [4] Wikipedia. 2007. *Velocities and Incident Angles*. Diunduh pada tanggal 09 Februari 2014.