

## KAJIAN TEORITIK PENGARUH GEOMETRI DAN BENTUK SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN PROPELLER

Ari Prasetyo, Dwi Aries Himawanto<sup>1</sup>  
Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Sebelas Maret Surakarta  
Email : <sup>1</sup>[dwiarieshimawanto@gmail.com](mailto:dwiarieshimawanto@gmail.com)

### Abstract

*Electrical energy is one of the primary needs of Indonesian society that continues to increase. However, until now most of the electricity needs are still supplied by fossil fuel power plants. The fossil energy dependence affects the high cost of distributing electricity to remote areas. The picohydro power plant using propeller turbines is one solution for remote areas. The purpose of this paper is to conduct a theoretical study to obtain optimal propeller blade design with relatively easy design method. Based on the study results obtained geometry and design of turbine propeller that can produce efficiency 73,9% with head water 1,75 m and debit 64 l / s. While the propeller turbine design is the diameter of the turbine 200 mm the number of blades 5, and the inlet runner tip 65 °.*

*Keywords : Turbin propeller, sudu, efisiensi, picohydro*

### 1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan primer manusia yang terus mengalami peningkatan. Hal itu disebabkan oleh kegiatan manusia yang semakin banyak dan pertumbuhan populasi manusia yang terus meningkat secara signifikan khususnya di Indonesia. Saat ini, sebagian besar kebutuhan tenaga listrik di Indonesia masih dipasok oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Urutan kebutuhan energy di Indonesia adalah minyak bumi menduduki peringkat tertinggi, yaitu 51,66%, gas alam peringkat kedua, sebesar 28,57%, sisanya dipasok oleh energi minyak sebesar 15,34%, dan energi terbarukan 4,43% [1]. Ketergantungan terhadap energi fosil dan minimnya pemanfaatan energi terbarukan merupakan salah satu kelemahan dalam penerapan kebijakan energi [2]. Salah satu persoalan dalam pendistribusian listrik adalah jarak sumber listrik dengan konsumen yang jauh khususnya di daerah terpencil. Padahal potensi sumber daya alam yang ada di Indonesia dapat dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik skala mini/*picohydro*. Walaupun pada keadaan aliran rendah air tetap dapat digunakan untuk memutar sebuah turbin air. Hal ini dikarenakan air

mempunyai momentum yang lebih besar dibandingkan dengan fluida lain [3].

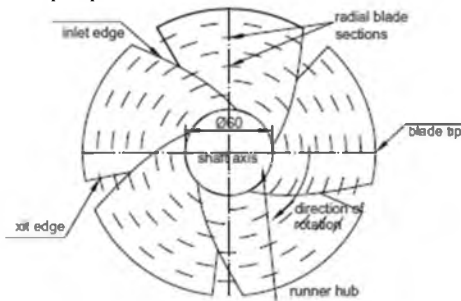
Pembangkit listrik tenaga *picohydro* (PLTPH) adalah pembangkit listrik yang menghasilkan daya keluaran maksimal sebesar 5 kW [4]. Penelitian tentang turbin *propeller* untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga *picohydro* telah banyak dilakukan oleh Alexander [5] dan Masjuri [6]. *Vertical Axis Water Turbine* (VAWT) dengan memakai turbin bertipe *drag* telah diteliti oleh Chen [7]. Penelitian ini menghasilkan daya sebesar 88,2 W dengan *pressure drop* sebesar 1,5 m/s. Myint [8] melakukan desain dan studi simulasi tentang aliran pada blade turbin *propeller* dengan menggunakan aplikasi *Flow Simulation Solidworks*.

Penelitian tersebut menggunakan data input *mass flow rate* sebesar 1,499 m<sup>3</sup>/s dan menghasilkan distribusi kecepatan pada turbin hingga 10,949 m/s. Selanjutnya ilmuwan dari Thailand, Nuantong, dkk melakukan penelitian dengan metode simulasi untuk mengetahui performa turbin *propeller kaplan*. Turbin dengan sudut *guide vane* 70°, sudut *twist* turbin sebesar 25° dan sudut sudu turbin sebesar 32° dapat menghasilkan tekanan maksimum 217 kPa dan tekanan minimum -581 kPa [9].

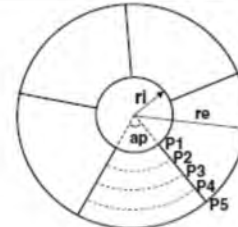
Penelitian tentang *propeller blade* untuk mengetahui kecepatan spesifik telah dilakukan [10]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan spesifik turbin *propeller* pada setiap desain dan kondisi lingkungan. Singh juga telah mengevaluasi turbin *propeller*, dimana salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja *propeller* yaitu sudut kemiringan sudu turbin [11]. Faktor lain yang mempengaruhi performa turbin *propeller* adalah jumlah sudu turbin dan diameter turbin. Adhikari dalam penelitiannya menghasilkan sebuah desain yang mampu mencapai efisiensi 60% [12]. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan maka kajian ini bertujuan untuk melakukan analisa terhadap desain geometri sudu turbin *propeller* agar menghasilkan efisiensi optimal.

2. Metode Dilakukan

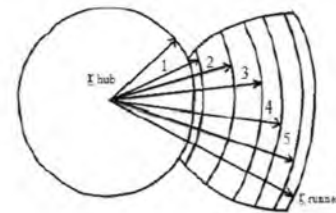
Metode yang dilakukan dalam paper ini adalah kajian pustaka dan kajian teoritik terhadap variabel yang diteliti. Desain sudu mengacu pada literatur yang telah dirancang menggunakan teori bebas gelembung air, dan beroperasi dengan *head* dari 1,5 sampai 2 m dan debit 64 l/s. Variasi sudu adalah sudut kemiringan sudu yang terdiri dari *inlet tip angle* dan *exit tip angle* [11]. Jumlah sudu turbin propeller yaitu 5 sudu dengan diameter *hub* yaitu 200 mm [13]. Tujuan penlitian ini adalah untuk mendapatkan desain sudu propeller yang meminimalisir vortek air pada sudu sehingga dapat meningkatkan efisiensi turbin *propeller* [13]. Gambar 1 berikut menunjukkan desain turbin propeller.



Gambar 1 a Desain *propeller* [11]



Gambar 1 b Desain *propeller* [10]



Gambar 1 c Desain *propeller* [8]

Perhitungan analisa perhitungan potensi daya air yang tersedia digunakan persamaan 1 berikut ini.

$$P_f = \rho Q g H \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- $P_f$  = Daya teoritis fluida (W)
- $\rho$  = Massa Jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )
- $Q$  = Debit air ( $\text{m}^3$ )
- $g$  = Gravitasi Bumi ( $\text{m/s}^2$ )
- $H$  = Tinggi head (m)

Sedangkan untuk menghitung efisiensi turbin menggunakan persamaan 2 berikut [10].

$$\eta_T = \frac{P_{shaft}}{P_f} \dots\dots\dots(2)$$

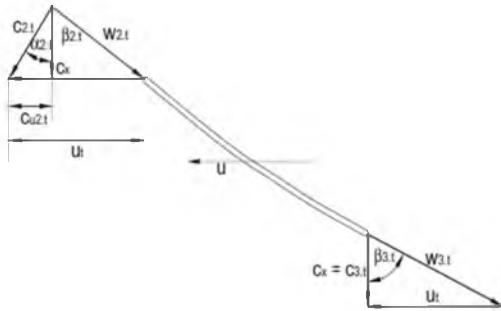
Dimana :

- $\eta$  = Efisiensi Turbin
- $P_{shaft}$  = Daya Poros (W)
- $P_f$  = Daya teoritis fluida (W)

3. Hasil Dan Pembahasan

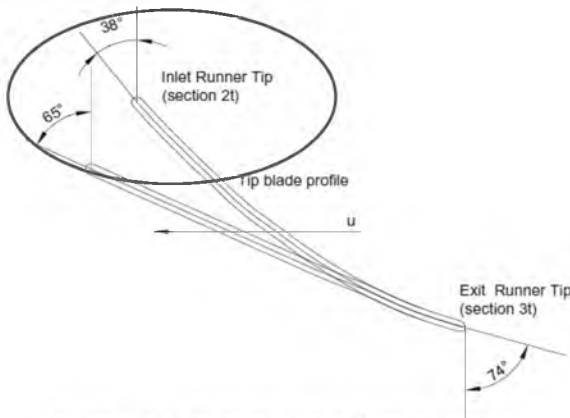
*Inlet tip angle* dan *exit tip angle* adalah parameter yang sangat mempengaruhi efisiensi turbin. Namun, hal mendasar yang perlu dilakukan sebelum merancang variasi desain sudu turbin adalah memahami segitiga kecepatan pada sudu turbin. Gambar

2 berikut ini mendeskripsikan segitiga kecepatan pada sudu gerak turbin *propeller*.



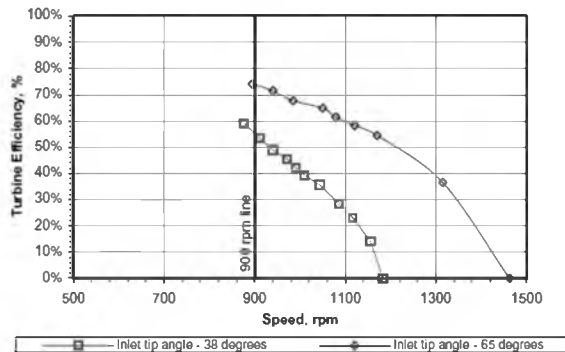
Gambar 2. Segitiga kecepatan sudu turbin

Setelah mengetahui segitiga kecepatan pada sudu gerak turbin, tahap pertama dalam kajian ini yaitu memahami metode pengukuran *inlet tip angle* untuk menentukan variasi desain sudu *propeller*. Metode pengukuran ditunjukkan gambar 3 berikut ini.



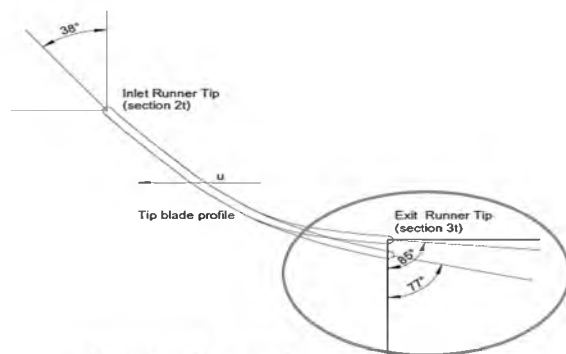
Gambar 3. metode pengukuran *inlet tip angle*

Gambar 3 menunjukkan modifikasi dan ilustrasi yang mana terdiri dari perubahan besar pada *inlet tip angle* dari 38° sampai 65° (lingkaran merah). Sudut diukur dari referensi garis sumbu sudu *propeller*. Hasil variasi ini ditunjukkan gambar 4.



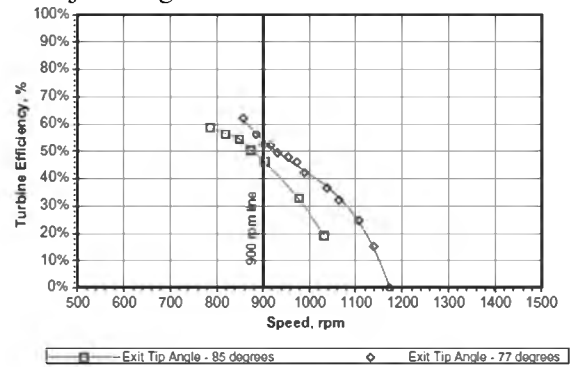
Gambar 4. Grafik efisiensi *inlet tip angle* pada setiap rpm

Gambar 4 menjelaskan bahwa sudu dengan *inlet tip angle* 65° selalu menghasilkan kecepatan putar dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *inlet tip angle* 38°. Pada 900 rpm dan *inlet tip angle* 65° turbin mampu menghasilkan efisiensi 74%. Kemudian efisiensi menjadi nol ketika *inlet tip angle* 38° mencapai putaran maksimal sebesar 1180 rpm dan *inlet tip angle* 65° mencapai putaran maksimal sebesar 1460 rpm. Tahap kedua yaitu memahami metode pengukuran *exit tip angle*. Metode pengukuran ditunjukkan gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. metode pengukuran *exit tip angle*

Gambar 5 menunjukkan modifikasi dan ilustrasi yang mana terdiri dari perubahan besar pada *exit tip angle* dari 85° sampai 77° (lingkaran biru). Sudut diukur dari referensi garis sumbu sudu *propeller*. Hasil variasi ini ditunjukkan gambar 6.



Gambar 6. Grafik efisiensi *exit tip angle* pada setiap rpm

Gambar 6 menjelaskan bahwa sudu dengan *exit tip angle* 77° selalu menghasilkan kecepatan putar dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *inlet tip angle* 85°. Pada 900 rpm dan *exit tip angle* 77° turbin mampu menghasilkan efisiensi 54,3%. Kemudian efisiensi menjadi nol

ketika *inlet tip angle*  $77^\circ$  mencapai putaran maksimal sebesar 1180 rmp sedangkan *exit tip angle*  $85^\circ$  masih mengkasikan efisiensi 20% ketika turbin berputar maksimal yaitu sebesar 1080 rpm.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan menyatakan bahwa bentuk sudu *propeller* berpengaruh terhadap daya shaft turbin. Turbin dengan diameter yaitu 200 mm dan jumlah sudu *propeller* 5 menghasilkan daya sebesar 810 Watt. Nilai ini dapat dicapai dengan input debit air 64 l/s dan head 1,75 m. Rancangan desain sudu turbin yang telah dikaji tersebut dapat menaikkan efisiensi turbin shingga 73,9%.

Metode penelitian yang dilakukan Singh relatif lebih mudah digunakan untuk mendesain geometri sudut lengkung sudu turbin *propeller*. Hal ini dikarenakan referensi titik nol sebagai acuan penentu kelengkungan lebih mudah. Berbeda dengan metode yang dikaji oleh Myint dan Ramos yang menggunakan referensi kelengkungan sudu dengan membagi beberapa badian sudu sehingga diperoleh kelengkungan berdasarkan segitiga kecepatan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jurnal Lemhannas RI, 2012, Pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) guna Penghematan Bahan Baku Fosil dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional, Jurnal kajian lemhannas, edisi 14.
- [2] Yuningsih, A. dan Masduki, A., 2011, *Potensi Energi Arus Laut untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Kawasan Pesisir Flores Timur-NTT*, Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 3, No. 1, Hal. 13-25.
- [3] Sarma, N., Biswas, A., & Misra, R., 2014, *Experimental and computational evaluation of Savonius hydrokinetic turbine for low velocity condition with comparison to Savonius wind turbine at the same input power*, Energy Conversion and Management, 83, 88-98.
- [4] H. Zainuddin, M. S. Yahaya, J. M. Lazi, M. F. M. Basar and Z. Ibrahim, 2009, *Design and Development of Pico-hydro Generation System for Energy Storage Using Consuming Water Distributed to Houses*. World Academy of Science, Engineering and Technology 35.
- [5] K.V. Alexander, E.P. Giddens, A.M. Fuller, 2010, *Axial-flow turbines for low head microhydro systems*, Renewable Energy 34. Pp. 35-47.
- [6] Musa, Masjuri, dkk., 2011, "CFD Analysis on Cost-effective Pico-hydro Turbine: A Case Study for Low Head and Low Flow Rate Condition".
- [7] Chen, J., Yang, X.Y., Liu C.P., Lau, C.H., Lo, M., 2013, *A novel vertical axis water turbine for power generation from water pipelines*, Energy 54, Pp. 184 – 193.
- [8] Yu War Myint and Htay Htay Win, 2014, "Design and Flow Simulation of Runner Blade for Propeller Turbine".
- [9] Nuantong Weerapon, and Taechajedcadarungsri Sirivit, 2009, *Flow Simulations on Blades of Hydro Turbine*, Khon Kaen University.
- [10] Helena M. Ramos, Mariana Simao, and A. Borga, 2013, *Experiments and CFD Analyses for a New Reaction Microhydro Propeller with Five Blades*, JOURNAL OF ENERGY ENGINEERING, Pp. 109-117.
- [11] Punit Singh, Franz Nestmann, 2009, *Experimental optimization of a free vortex propeller runner for micro hydro application*. Experimental Thermal and Fluid Science 33, Pp. 991-1002.
- [12] Pradhumna Adhikari, Umesh Budhathoki, Shiva Raj Timilsina, Saurav Manandhar, Tri Ratna Bajracharya, *A Study on Developing Pico Propeller Turbine for Low Head Micro Hydropower Plants in Nepal*. Journal of the Institute of Engineering, Vol. 9, No. 1, pp. 36-53.
- [13] Pardeep Kumar, R.P. Saini, 2010, *Study of cavitation in hydro turbines*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, Pp. 374-383.
- [14] Gorlov, A.M., 1998, *Development of The Helical Reaction Hydraulic Turbine*, Boston, Northeastern University.