

# Pengaruh kemiringan poros sudu terhadap unjuk kerja turbin ulir archimedes pikohidro

Naufal Akbar Shalahuddin<sup>1</sup>, Dwi Aries Himawanto<sup>2</sup>, Purwadi Joko Widodo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Staf Pengajar, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No.36 A, Pucangsawit, Jebres, Surakarta 57126  
Email korespondensi: dwi\_ah@staff.uns.ac.id

## Abstrak

Pemanfaatan energi air salah satunya yaitu dengan membuat pembangkit listrik tenaga air pikohidro. Sebagai salah satu usaha alternatif, pikohidro merupakan pembangkit listrik tenaga air dengan output listrik maksimum sebesar lima kilowatt (5 kW). Turbin air ulir Archimedes merupakan turbin yang mampu menghasilkan listrik dengan head rendah di bawah 10 m. Pada awalnya Archimedes Screw merupakan sebuah pompa yang sudah diterapkan sebagai teknologi sejak zaman kuno, di mana konstruksinya terdiri dari beberapa sudu berbentuk heliks yang terpasang pada poros dan berfungsi sebagai bucket bergerak membawa air ke atas. Kajian ini bertujuan untuk menentukan unjuk kerja paling maksimum dengan head sebesar 1 m. Variasi sudut kemiringan poros turbin yang diuji adalah 20°, 30°, 40°, dan 50°. Dengan variasi debit aliran air 2,3 L/s; 5,0 L/s; 6,0 L/s; 10,2 L/s; 10,9 L/s. Hasil turbin yang maksimum terjadi pada sudut kemiringan poros 50° mendapatkan daya mekanik 28,9 Watt dan daya listrik maksimum 8,1 Watt.

**Kata kunci:** turbin, pikohidro, archimedes screw turbine, sudut poros.

## Abstract

The one of water energy utilization is build electricity plant by picohydro water energy source. As a alternative way, picohydro was electricity plant by water energy with 5 kW as maximum electricity output. Archimedes screw water turbine was a turbine which could obtain electric power with low head under 10 m. Archimedes screw is a pump that applied as an ancient technology, where the construction consisted of some helical-shaped blades which applied on shaft and as a moving bucket to bring water upward. This study aims to determine maximum performance with 1 m of head. Variation of oblique turbine shaft angles were 20°, 30°, 40° and 50°. Variation of water flow rate were 2.3 L/s, 5.0 L/s, 6.0 L/s, 10.2 L/s and 10.9 L/s. The maximum result obtained on 50° of shaft angle, mechanical power was 28.9 Watt and maximum electric power was 8.1 Watt.

**Keywords:** turbine, picohydro, archimedes screw turbine, shaft angle.

## 1. Pendahuluan

Energi merupakan faktor penting dalam upaya keseluruhan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Negara-negara yang berusaha mencapai tujuan ini berusaha untuk menilai kembali sistem energi mereka dengan tujuan untuk merencanakan program dan strategi energi sesuai dengan tujuan dan sasaran pembangunan berkelanjutan [1]. Energi listrik merupakan salah satu energi primer yang tidak dapat dilepaskan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari. Peningkatan konsumsi energi listrik setiap tahunnya diperkirakan terus bertambah. Salah satu pemanfaatan energi yang dapat menghasilkan tenaga listrik adalah energi tenaga air, PLTA adalah salah satu sumber energi terbarukan yang berasal dari gerakan air yang dapat menghasilkan listrik. Ketika air mengalir karena gaya gravitasi, energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Energi kinetik dari air yang mengalir ini mengubah baling-baling dalam turbin air, dan kemudian energi diubah menjadi energi mekanik.

Turbin memutar rotor generator yang mengubah energi mekanik ini menjadi energi listrik [2].

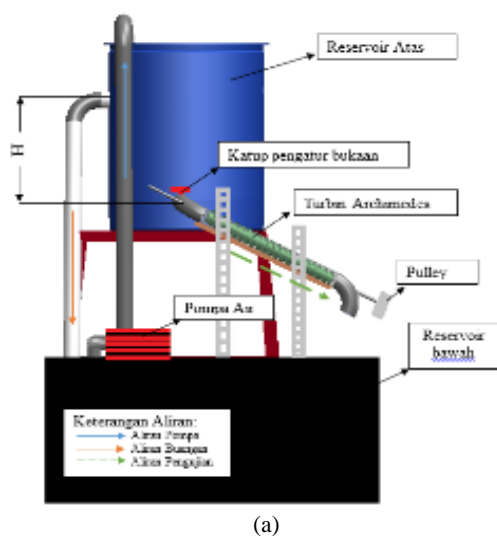
Potensi aliran sungai/saluran irigasi dapat dibuat menjadi pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan mengubah aliran air menjadi energi mekanik dengan bantuan turbin. Jenis-jenis turbin air sudah banyak dikenal dan diaplikasikan pada pembangkit listrik adalah turbin *crossflow*, turbin Kaplan, turbin *propeller*, turbin turgo, turbin *francais*, dan turbin pelton. Sementara itu terdapat pula turbin ulir yang merupakan jenis turbin air yang baru diteliti satu dekade ini dengan mengadopsi dari teori *Archimedean Screw*. Turbin ulir memiliki keunggulan dapat beroperasi pada head rendah dibawah 10 m, tidak membutuhkan pipa pesat, mudah dalam pemasangan dan perawatan [3]. Menurut Murray, L. 2013, kinerja turbin *Archimedes Screw* dapat ditentukan tergantung pada parameter, yakni diameter dalam dan luar *screw*, kemiringan, *pitch screw*, jumlah *blade*, dan kondisi *inlet* dan *outlet*, serta head dan debit air [4]. Sementara itu geometri dari sebuah *Archimedean Screw* dapat dicari dengan menentukan

parameter luar yang ditentukan berdasarkan dari lokasi penempatan *blade* serta jumlah air yang meninggalkan *screw*, sedangkan untuk parameter dalam bebas ditentukan untuk dapat memaksimalkan performa dari *screw* [5].

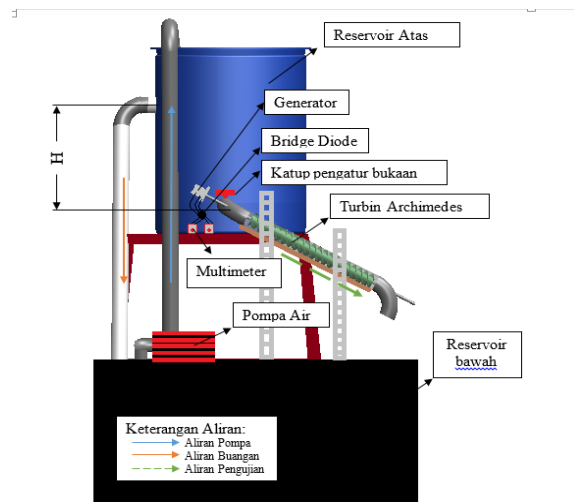
Usaha untuk meningkatkan efisiensi dari pikohidro dengan turbin ulir Archimedes terus dilakukan dengan berbagai metode dan variasi melalui kajian dan eksperimen. Dengan adanya berbagai hasil kajian yang sudah ada, dilakukan kajian tentang pengaruh kemiringan poros sudu terhadap unjuk kerja turbin air tipe ulir archimedes dengan instalasi pikohidro vertikal demi meningkatnya potensi pembangkit listrik tenaga air tersebut.

## 2. Metode

Pada penelitian ini mengacu pada model yang dihasilkan oleh Rorres (2000). Pada pengujian menggunakan satu spesimen turbin ulir Archimedes dengan variasi kemiringan poros dengan sudut 20°, 30°, 40° dan 50°. Spesimen turbin ulir Archimedes menggunakan bahan *ms.* dengan jumlah sudu (*N*) berjumlah 3 dan sudut ulir ( $\beta$ ) sebesar 30° maka didapat rasio kisar ulir dengan radius luar sebesar 2,4  $R_o$  dan rasio radius ( $R_i/R_o$ ) adalah 0,54 [5] sama dengan rasio diameter ( $D_i/D_o$ ). Di mana radius dalam ( $R_i$ ) sebesar 21,3 mm atau diameter dalam ( $D_i$ ) sebesar 42,6 mm dan radius luar ( $R_o$ ) sebesar 39,5 mm atau diameter luar ( $D_o$ ) sebesar 79 mm. Jarak kisar (*S*) sebesar 94 mm, panjang turbin sebesar 658 mm diperoleh dari jumlah lilitan (*m*) sebanyak 21 lilitan di mana masing-masing sudu dirancang sebanyak 7 ulir dikalikan jarak kisar 94 mm sama dengan 658 mm, sehingga total 3 sudu dikalikan 7 ulir diperoleh 21 lilitan. Instalasi pembangkit listrik tenaga pikrohidro (PLTPH) dibuat untuk pengujian parameter eksternal *head*, debit dan pengujian-pengujian lainnya sehingga dibuat skala laboratorium. Pembuatan instalasi pembangkit listrik tenaga pikrohidro skala laboratorium ditunjukkan Gambar 1.



(a)



(b)

**Gambar 1.** Instalasi pembangkit listrik tenaga pikohidro skala laboratorium, (a) pengujian prony brake, (b) pengujian generator.

## 3. Hasil dan Pembahasan

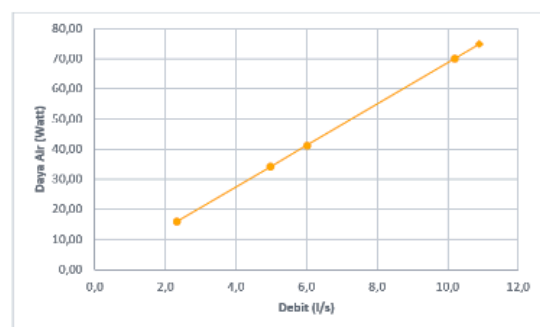
Data yang didapatkan dihasilkan dari ke 4 variasi, yaitu variasi kemiringan poros turbin dengan sudut 20°, 30°, 40°, 50°. Data kuantitatif yang diperoleh pada kajian ini adalah tegangan generator (*Volt*), kuat arus listrik generator (*Ampere*), torsi (*Nm*), dan putaran poros rotor generator (*rpm*).

### Daya Air

Daya air sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja dari turbin Archimedes yang diteliti. Karena daya air adalah kemampuan suatu fluida untuk menggerakkan turbin supaya berputar dengan debit air tertentu. Daya air merupakan fungsi dari debit aliran air (*Q*), densitas air ( $\rho$ ), percepatan gravitasi (*g*), dan ketinggian jatuh air atau *head* (*h*) seperti Persamaan (1).

$$P_{in} = Q \rho g h \quad (1)$$

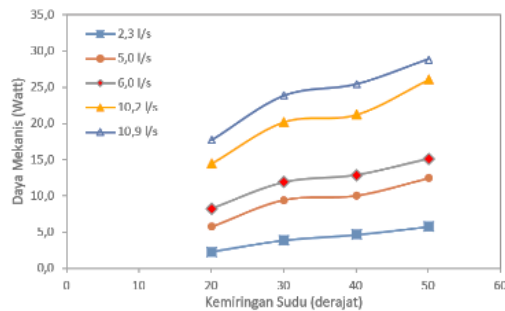
Pada Gambar 2 merupakan grafik hubungan nilai debit air dengan daya air. Dengan debit sebesar 2,3 L/s; 5,0 L/s; 6,0 L/s; 10,2 L/s; dan 10,9 L/s. Daya air maksimal yaitu 74,79 Watt dengan debit air sebesar 10,9 L/s. Dengan melihat grafik diatas menunjukkan bahwa besar daya air yang dihasilkan bergantung pada hasil debit air, semakin besar aliran debit air maka akan semakin besar pula daya airnya.



**Gambar 2.** Grafik hubungan debit dengan daya air.

### Daya Mekanik

Daya mekanik turbin merupakan hasil dari kemampuan turbin untuk menghasilkan energi. Energi pada aliran air akan memutar turbin, sehingga mampu menghasilkan torsi dan memiliki kecepatan putar. Maka dari itu pada pengujian daya mekanik ini dilakukan dengan mencari nilai dari kecepatan putar dari turbin serta torsi dari turbin. Pengukuran kecepatan putar dapat dilakukan menggunakan alat ukur bernama tachometer, sedangkan untuk mengukur torsi atau momen putar dapat menggunakan alat ukur bernama Prony Brake.



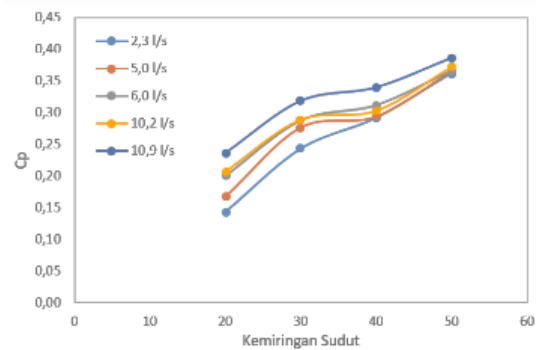
**Gambar 3.** Grafik hubungan daya mekanik turbin dengan sudut kemiringan poros turbin pada variasi debit air.

Pada Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan daya mekanik turbin dengan sudut kemiringan poros pada variasi debit air dapat didapatkan bahwa nilai daya mekanik maksimum terlihat pada kemiringan poros turbin 50° dan debit aliran air 10,9 L/s sebesar 28,9 watt. Sementara nilai daya mekanik minimum ditunjukkan pada kemiringan poros turbin 20° dan debit aliran air 2,3 L/s sebesar 2,3 watt. Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya debit air maka akan bertambah pula daya mekanik turbin. Nilai daya mekanik turbin mengalami kenaikan dari kemiringan sudut poros 20° sampai ke nilai daya mekanik turbin maksimum yaitu 50°. Pada persamaan daya mekanik, nilai daya mekanik dipengaruhi oleh nilai kecepatan putar dan torsi. Semakin besar nilai kecepatan putar maka akan semakin besar nilai daya mekanik, begitu pula jika semakin besar nilai torsi maka akan semakin besar nilai daya mekanik [6]. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai daya mekanik terbesar terjadi pada variasi sudut kemiringan poros 50°, maka begitu pula pada nilai torsi dan nilai kecepatan putar terbesar terjadi pada variasi sudut kemiringan poros 50°. Pada kemiringan yang lebih rendah, debit aliran air mendorong dengan gaya yang lebih rendah. Sedangkan kemiringan yang lebih tinggi, aliran air melonjak ketika melewati permukaan poros turbin. [6].

### Koefisien Daya

Koefisien daya atau  $C_p$  adalah rasio perbandingan antara daya aktual yang dihasilkan oleh turbin dengan daya yang bekerja pada fluida. Dari hasil dapat dilihat pada Gambar 4, bahwa nilai koefisien daya maksimum terjadi pada variasi sudut kemiringan

poros 50° dengan debit air 10,9 L/s yaitu sebesar 0,39. Sedangkan untuk nilai koefisien daya minimum terjadi pada variasi sudut kemiringan poros 20° dengan debit air 2,3 L/s yaitu sebesar 0,14.

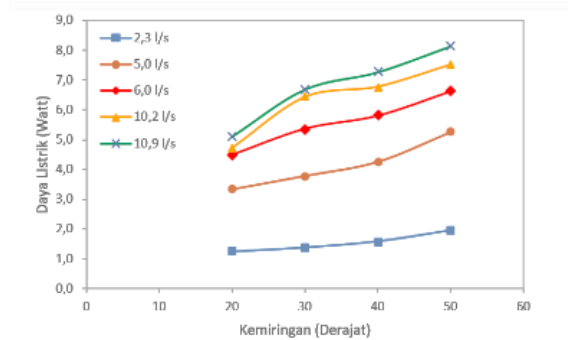


**Gambar 4.** Grafik hubungan koefisien daya dengan sudut kemiringan poros turbin pada variasi debit air.

Menurut Bambang (2012), menunjukkan bahwa ketika debit air yang rendah, akan mengakibatkan efisiensi turbin berkurang walaupun terjadinya kenaikan sudut poros turbin. Hal ini disebabkan karena kondisi aliran yang melewati turbin, di mana ujung *flume* yang miring, air yang melonjak dan tidak mendorong bilah turbin dengan tepat. Hal ini mengurangi energi air yang dapat dikonversi menjadi energi pengereman berupa torsi [6].

### Daya Generator

Daya generator adalah pengujian untuk menentukan daya keluaran listrik pada generator. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan dari generator. Dari hasil yang diperoleh pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa nilai maksimum daya generator terjadi pada variasi sudut kemiringan poros turbin 50° dan debit air 10,9 L/s dengan nilai sebesar 8,1 Watt. Dan untuk nilai minimum daya generator terjadi pada variasi sudut kemiringan poros turbin 20° dan debit air 2,3 L/s dengan nilai sebesar 1,2 Watt. Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin besar nilai debit air maka hasil perhitungan daya generator pun akan semakin besar. Semakin besar nilai tegangan dan kuat arus maka akan semakin besar pula nilai daya generator, karena nilai tegangan dan kuat arus berbanding lurus dengan nilai daya generator. Daya output mengalami perubahan seiring dengan berubahnya sudut kemiringan poros turbin dan debit aliran air yang masuk ke turbin. Dapat dilihat bahwa daya output akan semakin besar jika debit air juga mengalami peningkatan. Hal ini sesuai karena debit yang semakin besar maka daya input akan semakin besar, sehingga daya output yang dihasilkan pun akan mengalami peningkatan pula [7].



**Gambar 5.** Grafik hubungan daya generator dengan sudut kemiringan poros turbin pada variasi debit air.

#### 4. Kesimpulan

Pada kajian ini, telah dilakukan pengamatan pada sudut poros sudu turbin yang dilakukan untuk mencari pengaruh dari sudut poros sudu turbin terhadap daya hidrolis fluida, daya mekanik turbin, koefisien daya, dan daya listrik yang dihasilkan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa debit aliran berpengaruh terhadap daya hidrolis air yang di hasilkan, semakin tinggi debit aliran akan semakin tinggi pula nilai daya air. Semakin besar kemiringan poros turbin akan semakin besar gaya berat air yang dihasilkan dan menyebabkan semakin cepat putaran poros turbin dan torsi yang dihasilkan. Hasil pengambilan data didapatkan bahwa pada sudut kemiringan poros 50° merupakan sudut paling optimal. Pada hasil daya generator didapatkan hasil yaitu sebesar 8,1 Watt dengan tegangan sebesar 15,94 V dan kuat arus sebesar 0,51 A. Sedangkan hasil daya mekanik turbin sebesar 28,9 Watt dengan kecepatan putar turbin sebesar 862,3 rpm dan torsi sebesar 0,320 Nm.

#### Daftar Pustaka

- [1] Jaelani Aan. 2017. Renewable energy policy in Indonesia: Scientific signs of the Qur'an and its implementation in Islam economics. Munich Personal RePEc Archive Paper No. 83314.
- [2] Lajqi Shpetim, Lajqi Naser, Hamidi Beqir. 2016. Design and Construction of Mini Hydropower Plant with Propeller Turbine. International Journal of Contemporary Energy. Vol.2. No.1.
- [3] Kilama David O. 2013. Review of small hydropower technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews
- [4] Murray Lyons, William David Lubitz. 2013. Archimedes Screws for Microhydro Power Generator. Proceedings of the ASME 2013 7th International Conference on Energy Sustainability. ES2013-18067.
- [5] Rorres C. 2000. The turn of the screw: Optimal design of an Archimedes screw. J of Hydraulic Engineering. 126(1):72-80.
- [6] Bambang Yulistiyanto, Yul Hizhar, Lisdiyanti. 2012. Effect Of Flow Discharge And Shaft Slope Of Archimides (Screw) Turbin On The Micro-