

## KAJI EKSPERIMENTAL PENENTUAN SUDUT ULIR OPTIMUM PADA TURBIN ULIR UNTUK DATA PERANCANGAN TURBIN ULIR PADA PUSAT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) DENGAN HEAD RENDAH

Adly Havendri, Irfan Arnif

Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang

e-mail : [adlyhave05@yahoo.com](mailto:adlyhave05@yahoo.com) ; [adlyhave@ft.unand.ac.id](mailto:adlyhave@ft.unand.ac.id)

### ABSTRAK

Pemanfaatan sumber energi air sebagai sumber energi terbarukan pada umumnya membutuhkan investasi tinggi. Namun untuk skala kecil dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi terbarukan hal tersebut bisa terlaksana. Salah satu bentuk pemanfaatannya adalah dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Komponen utama yang digunakan pada PLTMH adalah turbin, pada penelitian ini digunakan turbin ulir (screw turbine).

Penggunaan turbin screw dimulai di Eropa pada akhir tahun 2007 yang lalu, di Indonesia baru dimulai tahun 2009 di daerah Jawa Barat. Turbin ulir memiliki efisiensi yang tinggi dan bisa bekerja pada head yang rendah, hal ini sesuai dengan banyaknya potensi energi air dengan head rendah di Indonesia. Tetapi sebagai teknologi turbin yang baru, hingga saat ini masih sangat sedikit teori atau rujukan yang tersedia terkait perancangan turbin ulir. Banyak sekali parameter perancangan yang belum diketahui dengan baik, salah satunya adalah sudut ulir ( $\beta$ ).

Pada penelitian ini dilakukan eksperimen yang mencoba menentukan besar sudut ulir yang optimum untuk perancangan suatu turbin ulir, dengan membandingkan performansi prototipe turbin dengan sudut ulir  $23^\circ$ ,  $26^\circ$  dan  $29^\circ$ . Berdasarkan hasil pengujian, turbin ulir dengan sudut ulir  $29^\circ$  lebih baik daripada sudut ulir  $23^\circ$  dan  $26^\circ$ .

**Kata kunci :** energi terbarukan, teknologi baru, PLTMH, head rendah, turbin ulir, sudut ulir

### 1. Pendahuluan

Krisis energi telah melanda hampir seluruh negara di dunia. Akibat dari krisis energi yang terjadi di dunia, terutama akibat keterbatasan ketersediaan listrik, sehingga memicu penelitian-penelitian untuk membuat pusat listrik tenaga mikrohidro semakin banyak dilakukan. Sementara itu dapat kita lihat bahwa alam Indonesia sangat kaya akan potensi-potensi energy yang dapat dijadikan sumber energi listrik, seperti banyaknya sumber-sumber air yang dapat dijadikan sebagai pusat listrik tenaga mikrohidro, tetapi kebanyakan sumber air yang ada hanya memiliki head yang rendah, karena itu perlu dilakukan pengembangan jenis turbin baru yang dapat memanfaatkan potensi energy air dengan head rendah tersebut. Salah satu alternatif turbin untuk pusat listrik tenaga mikrohidro yang dapat dipergunakan adalah Turbin Screw (*Archimedean Turbine*).

Permasalahan yang ada adalah data-data untuk perancangan turbin ulir tersebut masih sangat sedikit atau masih belum tersedia, banyak parameter perencanaan dimensi turbin ulir belum tersedia.

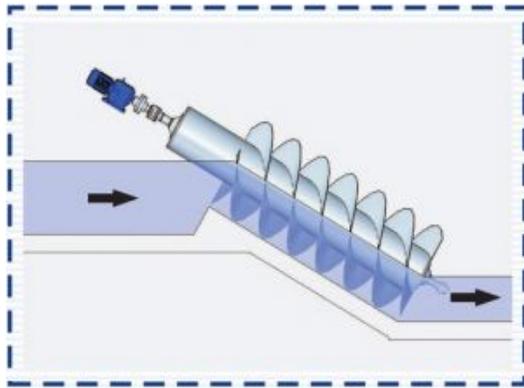
Parameter yang sangat berpengaruh antara lain adalah sudut ulir, perbandingan diameter hub dan diameter luar runner turbin, pitch ulir dan lainnya. Pada penelitian ini parameter yang akan di teliti adalah sudut ulir ( $\beta$ ).

### II. Tinjauan Pustaka

Archimedean screw adalah jenis ulir yang telah dikenal sejak zaman kuno dan telah digunakan sebagai pompa untuk pengairan ditaman bergantung Babylonia. Dulunya pompa ini sangat akrab dikalangan insinyur-insinyur Romawi. Pada awalnya Archimedes menciptakan pompa ini bertujuan untuk mengeluarkan air dari bagian dalam untuk menaikkan air dari sungai. Seiring dengan krisis energy yang terjadi didunia, serta terbatasnya potensi energi air yang memiliki head yang tinggi terutama pada daerah padat penduduk yang membutuhkan listrik, maka dimulai pada tahun 2007 yang lalu, seorang insinyur mengemukakan idenya bahwa jika pompa berputar terbalik dan membiarkan air mengendalikan pompa kemudian diatas pompa tersebut



dipasang sebuah generator maka listrik akan dapat dihasilkan sepanjang generator tersebut tidak terkena air atau basah. Jadi pada prinsipnya turbin ulir merupakan pembalikan dari fungsi pompa ulir itu sendiri.



Gambar 2.1. Turbin Screw

Sumber: [www.mannpower-hydro.co.uk/](http://www.mannpower-hydro.co.uk/)

Adapun prinsip kerja dari turbin ini dimana tekanan dari air yang melalui bilah-bilah sudu turbin mengalami penurunan tekanan sejalan dengan penurunan kecepatan air akibat adanya hambatan dari bilah-bilah sudu turbin maka tekanan ini akan memutar turbin dan mengerjakan generator listrik setelah sebelumnya daya putaran poros ditransmisikan melalui gearbox.

Adapun keuntungan turbin screw dibandingkan dengan jenis turbin lain adalah :

- Biaya konstruksinya yang efisien.
- Konstruksi bendungan dan pintu air yang sederhana.
- Tidak mengganggu ekosistem ikan.
- Umur turbin lebih tahan lama jika dioperasikan dengan putaran rendah.
- Mudah untuk melakukan perawatan dan inspeksi pada turbin.
- Tidak membutuhkan draft tube, sehingga dapat mengurangi pengeluaran untuk penggalian pemasangan draft tube.
- Penggunaan unit peralatan standar dan generator standar dengan biaya yang rendah.
- Memiliki efisiensi yang tinggi, dengan variasi debit yang besar dan sangat baik untuk debit air yang kecil.
- Mudah pengoperasiannya dan biaya pemeliharaan yang rendah.

Untuk perancangan dimensi turbin screw, dari beberapa sumber yang ada dapat diperoleh parameter yang dianjurkan adalah sebagai berikut



Gambar 2.2. Turbin Screw Ganda

Sumber : <http://Archimedes Screw Turbine « Cathryn Symons.html>

Untuk perancangan dimensi turbin screw, dari beberapa sumber yang ada dapat diperoleh parameter yang dianjurkan adalah sebagai berikut :

Jenis Turbin	Screw
Daya output	1 - 250 kW
Debit	100 - 5000 l/s
Slope	1 - 7.5 m
Sudut ulir	22 - 36°

Sumber : <http://www.gess.cz/en/small-water-plant-archimedean-screw-turbine.html>

Selain itu ada sumber referensi lain yang memberikan standar parameter untuk keefektifan dari turbin screw ini yaitu :

- a) Efektif kemiringan (slope) : 30° – 60°
- b) Rata-rata volume aliran air/debit yang tersedia untuk ukuran turbin screw yang standar yaitu sebagai berikut :

Panjang turbin (mm)	Debit (m <sup>3</sup> /s)
1000	0.27
1500	0.7
2000	1.35

Sumber : <http://www.nptec-gmbh.com/en/waterpower-screw-turbine.html>



- c) Perbandingan lebar dan panjang untuk turbin *screw* yaitu :

Turbin *screw* merupakan salah satu turbin yang sangat spesial karena dapat beroperasi pada daerah yang memiliki head yang sangat rendah. Pada penggunaannya turbin *screw* ini posisi sudunya tergantung dari kondisi head yang ada di lapangan. Turbin *screw* bekerja pada head rendah dengan ketinggian air jatuh antara 1 – 15 m. Sudut untuk penentuan head turbin atau kemiringan poros turbin berada antara  $30^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ .

Untuk pembangunan pembangkit listrik PLTMH Turbin Ulir, hal yang harus diperhatikan yaitu : lebar sungai, bagian dari dasar sungai, hambatan alam seperti batu, populasi pohon, dan stabilisasi alur sungai.

Adapun proses perubahan energi pada turbin *screw* hingga menjadi energi listrik yaitu dimana energi yang berasal dari energi mekanik yang terdapat pada air dan perubahan tekanan yang terjadi pada sudu mengakibatkan sudu berputar dan memutar poros. Selanjutnya daya dari poros ditransmisikan ke *generator* yang nantinya diubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh *generator* nantinya didistribusikan ke konsumen setelah melalui *inverter*.



Gambar 2.3. Diagram kerja turbin *screw*

Sumber: archimedeanscrewperformance test

### III. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu dengan melakukan serangkaian pengujian performansi turbin ulir untuk ketinggian *head* 1,1 m dengan menggunakan masing-masing 3 protipe turbin ulir dengan sudut ulir terhadap turbin *screw* yang memiliki sudut ulir  $23^{\circ}$ ,  $26^{\circ}$  dan  $29^{\circ}$

#### 3.1 Skema Alat Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menggunakan turbin *screw* dengan sudut *screw*  $26^{\circ}$  yang telah dirancang dan dibuat sebelumnya. Adapun skema dari pengujian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Skema Alat Pengujian

Keterangan gambar :

1. Sudu – sudu turbin *screw*
2. Bak penampung
3. Pompa sentrifugal
4. Selang saluran air
5. Reservoir
6. Saluran penghantar
7. Neraca gaya

#### 3.2 Spesifikasi Prototipe Turbin Ulir

jenis turbin	= turbin <i>screw</i>
daya desain turbin	= 50 Watt
head desain (H)	= 1,1 m
debit disain (Q)	= $0,0025 \text{ m}^3/\text{s}$
panjang turbin (L)	= 1.5 m
diameter <i>inner</i> turbin ( $D_i$ )	= 0.09 m
diameter <i>outer</i> turbin ( $D_o$ )	= 0.13 m
tinggi sudu turbin ( $t_{\text{sudu}}$ )	= 0.04 m
jumlah sudu turbin (Z)	= 3 buah sudu
jumlah <i>cycle</i>	= 18 <i>cycle</i>
tebal sudu turbin (t)	= 0.003 m
sudut <i>screw</i> turbin ( $\beta$ )	= $23^{\circ}$ , $26^{\circ}$ dan $29^{\circ}$



Gambar 3.2 Foto Prototipe Turbin ulir



### 3.3 Prosedur Pengujian

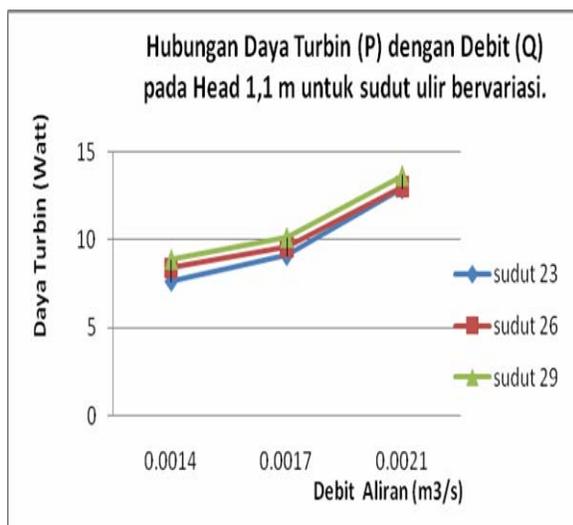
1. Menyiapkan peralatan dan instalasi peralatan turbin *screw* sudut.
2. *Head* turbin yang digunakan adalah 1,1 m
3. Debit aliran yang digunakan adalah  $Q_1$ ,  $Q_2$ , dan  $Q_3$  (sebesar  $0.0021 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0.0017 \text{ m}^3/\text{s}$ , dan  $0.0014 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
4. Mencatat hasil putaran turbin ( $n$ ) dengan menggunakan tachometer digital.
5. Mencatat hasil perubahan gaya ( $\Delta F$ ) yang ditunjukkan oleh neraca gaya.
6. Pengambilan data untuk tiap perlakuan adalah 10 x.

## IV. Hasil dan Pembahasan

Dari data yang diperoleh pada pengujian prototipe turbin ulir yang telah dilakukan dilakukan analisa dan perhitungan performansi untuk ketiga prototype turbin ulir tersebut. Dari hasilnya dapat dibuat grafik sebagai berikut :

### Hubungan Daya turbin (P) dengan Debit aliran (Q)

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan dapat dibuat grafik hubungan antara daya turbin yang dihasilkan ( $P$ ) dengan debit aliran ( $Q$ ) pada head 1,1 m untuk ketiga prototype turbin yang ada, grafik tersebut adalah sebagai berikut,



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara Daya turbin (P) dengan Debit aliran (Q) untuk ketiga prototype turbin ulir.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa secara umum trend diperoleh sesuai dengan teori terdapat kenaikan

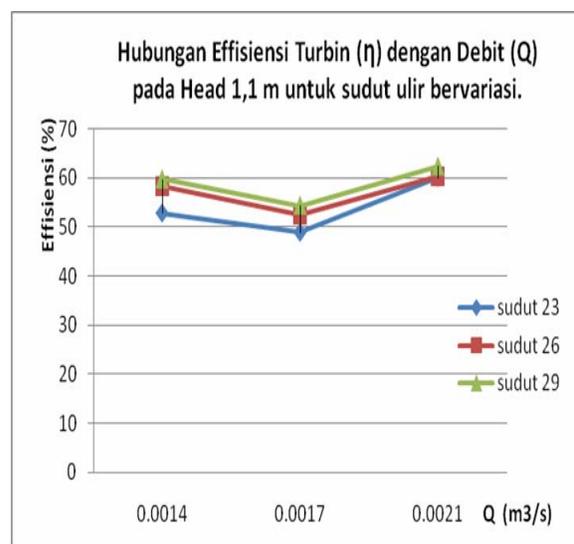
daya turbin yang dihasilkan sesuai dengan penambahan debit aliran ( $Q$ ) yang diberikan.

Untuk variasi sudut ulir pada prototype turbin ulir dari daya yang dihasilkan untuk kondisi operasi yang sama diperoleh bahwa sudut ulir yang paling baik adalah dengan sudut ulir  $29^\circ$ .

Dari literature yang diperoleh belum didapatkan informasi tentang hubungan antara sudut ulir dengan daya yang dihasilkan turbin, sehingga tidak dapat dilakukan kajian perbandingan hasil penelitian ini.

### Hubungan Efisiensi turbin ( $\eta$ ) dengan Debit aliran (Q)

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan juga dapat dibuat grafik hubungan antara efisiensi turbin yang dihasilkan ( $\eta$ ) dengan debit aliran ( $Q$ ) pada head 1,1 m untuk ketiga prototype turbin yang ada grafik tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara Efisiensi turbin ( $\eta$ ) dengan Debit aliran (Q) untuk ketiga prototype turbin ulir.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa sudut ulir pada prototype turbin ulir berpengaruh pada efisiensi turbin. Efisiensi pada suatu turbin ulir akan meningkat dengan kenaikan debit aliran yang diberikan. Khususnya pada penelitian ini terdapat penurunan nilai efisiensi sebesar rata-rata 4 % pada kondisi debit aliran  $0.0017 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Dari grafik juga terlihat bahwa efisiensi terbaik diperoleh pada sudut ulir  $29^\circ$ .



## V. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan untuk 3 buah prototipe turbin ulir, untuk kondisi terbatas telah dapat disimpulkan hal sebagai berikut :

1. Daya turbin akan naik dengan bertambahnya debit aliran, untuk kondisi operasi yang sama maka turbin ulir dengan sudut ulir  $29^\circ$  akan dipeloreh daya yang lebih besar.

2. Efisiensi turbin ulir secara umum juga akan meningkat dengan bertambahnya debit aliran, dari ketiga sudut ulir yang ada maka sudut ulir  $29^\circ$  memberikan efisiensi yang lebih baik.

3. Secara umum untuk dari hasil diatas dan dalam kondisi yang terbatas ini, dapat disimpulkan bahwa sudut ulir  $29^\circ$  memberikan performansi lebih baik dan lebih optimum dari sudut ulir  $23^\circ$  dan  $26^\circ$ .

### Saran

Dari proses penelitian yang telah dilakukan ini, dapat disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk sudut ulir yang lain dalam kisaran  $22^\circ - 36^\circ$  agar diperoleh rujukan yang lebih lengkap dalam pemilihan besaran sudut ulir pada proses perancangan turbin ulir.

2. Perlu dilakukan penelitian-penelitian lebih banyak tentang turbin ulir ini terutama untuk parameter lainnya seperti jarak pitch, perbandingan diameter hub dan diameter sudu, tinggi sudu yang terendam dan kemiringan poros turbin ulir yang optimum, agar tersedia informasi desain yang lebih memadai.

### Ucapan Terimakasih

Atas selesainya penelitian ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada PT Incasi Raya Padang atas bantuan workshop untuk pembuatan prototipe turbin ulir, PT. PLN (Persero) Wilayah Sumatera Barat atas bantuan material pembuat prototipe turbin ulir dan kepada asisten laboratorium Konvesi Energi atas bantuannya dalam melakukan pengujian.

### Daftar Pustaka

- [1] [www.wikipedia.org/wiki/hydropower](http://www.wikipedia.org/wiki/hydropower), 10 Desember 2009
- [2] [www.mannpower/openchannelflow](http://www.mannpower/openchannelflow), 13 Desember 2009
- [3] [www.wikipedia.org/wiki/Archimedean\\_Screw](http://www.wikipedia.org/wiki/Archimedean_Screw), 8 September 2009
- [4] [www.ritz-atro.de/renewableenergy](http://www.ritz-atro.de/renewableenergy), 4 April 2009
- [5] Dietzel, Fritz. 1990. **Turbin, Pompa dan Kompresor**, Jakarta, Penerbit Erlangga.



