

PEMANFAATAN TURBIN ULIR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK SKALA PIKOHIDRO

UTILIZATION OF SCREW TURBINES AS PICOHYDRO-SCALE POWER GENERATION

Rombe Allo^{1*}, Allo Sarira Pongsapan², Selyus Rantepulung³, Pither Palamba⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih, Jayapura

*Email Correspondence: allorombe@gmail.com

Abstract

This research is an applied research that aims to determine the characteristics of picohydro scale screw turbines in drainage flows. Research activities include measuring the potential of air energy, making picohydro scale screw turbines, and testing their performance. Testing was carried out in the Uncen Kali Acai housing complex water channel, while turbine fabrication was carried out at the Mechanical Engineering Laboratory, Faculty of Engineering, Cenderawasih University. The method used was an experiment by testing the screw turbine at a slope of 14°, 18°, 22°, 26°, and 30°. The results showed that the performance of the screw turbine increased with increasing slope angle. At a slope of 30°, the output power reached 18.50 watts and the efficiency was 78.58%. This study shows that the screw turbine can function well in air drainage channels and produce quite good electricity, although limited by the depth of the available water channel.

Keywords: Screw turbine, Drainage, Inclination angle, Power, Efficiency.

Abstrak

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik turbin ulir skala pikohidro pada aliran drainase. Kegiatan penelitian meliputi pengukuran potensi energi air, pembuatan turbin ulir skala pikohidro, serta pengujian kinerjanya. Pengujian dilakukan di saluran air kompleks perumahan Uncen Kali Acai, sementara pabrikasi turbin dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menguji turbin ulir pada kemiringan 14°, 18°, 22°, 26°, dan 30°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja turbin ulir meningkat seiring dengan peningkatan sudut kemiringan. Pada kemiringan 30°, daya output mencapai 18,50 watt dan efisiensi 78,58%. Penelitian ini menunjukkan bahwa turbin ulir dapat berfungsi dengan baik pada saluran air drainase dan menghasilkan listrik yang memadai, meskipun terbatas oleh kedalaman saluran air yang tersedia.

Kata Kunci : Turbin Ulir, Drainase, Sudut Kemiringan, Daya, Efisiensi.

PENDAHULUAN

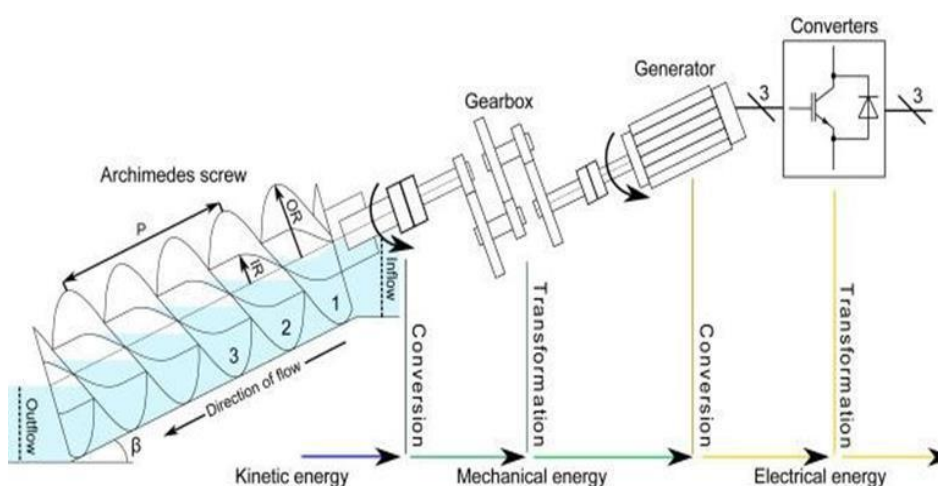
Kebutuhan akan listrik yang semakin meningkat, baik untuk rumah tangga maupun industri, menuntut pengembangan teknologi pembangkit listrik yang efisien dan ramah lingkungan. Salah satu teknologi yang memanfaatkan sumber daya alam secara optimal adalah pembangkit listrik tenaga air. Dalam konteks ini, turbin ulir, khususnya pada skala mikro hingga pikohidro, dapat menjadi solusi potensial untuk menghasilkan listrik di daerah yang memiliki aliran air kecil dan head rendah. Indonesia memiliki banyak sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Turbin ulir, dengan biaya pembuatan yang rendah dan efisiensi yang tinggi, cocok digunakan di daerah pedesaan

yang belum terjangkau listrik. Penelitian ini berfokus pada pengembangan turbin ulir skala pikohidro untuk digunakan pada saluran air dengan debit kecil seperti drainase.

TINJAUAN PUSTAKA

Turbin ulir (screw turbine) adalah suatu mesin fluida yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air. Mesin ini memanfaatkan aliran air yang akan bergerak memutar ulir berporos yang dihubungkan dengan generator, sehingga akan menghasilkan listrik. Turbin ulir mengubah dari energi kinetik/energi potensial menjadi energi mekanik dan menjadi energi listrik. Turbin ulir telah ada di zaman kuno yang digunakan sebagai pompa air untuk irigasi. Keunggulan turbin ulir adalah dapat beroperasi pada head yang rendah, mudah dipasang, mudah perawatannya, dan tidak merusak ekologi tempat turbin dipasang.

Turbin ulir memiliki prinsip kerja, dimana tekanan 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 air akan memutar turbin dan secara bersamaan memutar generator.



Gambar 1. Koversi energi yang terjadi pada turbin ulir

(Sumber: (https://air.eng.ui.ac.id/index.php?title=M._Faiz_Naufal))

Menurut Firdaus M. S., dkk (2023) turbin air tipe ulir sangat cocok diaplikasikan pada saluran irigasi karena turbin ini cocok pada aliran dengan head rendah. Sedangkan menurut Karim M. A., Sumarjo J. (2023) jenis turbin screw dapat digunakan sebagai pembangkit listrik Pikohydro. Demikian pula dengan hasil penelitian Suyanto M., dkk (2020) yang dapat melakukan pemanfaatan aliran air irigasi sebagai pemutar turbin ulir untuk penggerak pembangkit listrik. Dari hasil penelitian Tariantio J. E., Allo R., Palamba P. (2022) tentang rancang bangun turbin ulir tipe pikohidro berhasil membangkitkan daya turbin maksimum sebesar $P_{out} = 68,45$ watt dengan efisiensi $\eta = 94,9\%$. Biaya pembuatan turbin ulir pada penelitian ini adalah sebesar Rp.1.534.000,- (*Satu Juta Lima Ratus Tiga Puluh Empat Ribu Rupiah*).

Sebagai bentuk kebaruan dan terobosan teknologi, maka pada penelitian ini dilakukan modifikasi pada turbin ulir sebagai bentuk kebaruan dan terobosan teknologi, yakni:

- 1) Turbin ulir yang dibuat terbuat dari bahan pipa PVC sehingga memudahkan dalam proses pabrikasi, tahan karat, dan bobotnya yang lebih ringan sehingga lebih bersifat portable. Selain itu terdapat mekanisme penyetelan kemiringan turbin sehingga memudahkan pada

saat pengaplikasian di lapangan.

- 2) Turbin ulir yang dibuat menggunakan dinamo generator arus DC berukuran kecil dengan harga yang relatif murah sehingga terjangkau apabila akan diterapkan kepada masyarakat yang membutuhkan.

Urgensi (keutamaan) dari penelitian ini adalah output penelitian ini berupa turbin ulir skala pikohidro akan sangat bermanfaat bagi masyarakat yang membutuhkan, utamanya bagi masyarakat yang belum terjangkau aliran listrik. Daerah Provinsi Papua Pegunungan Tengah terdapat banyak daerah-daerah terisolir yang memiliki potensi aliran air, sehingga teknologi ini sangat cocok untuk diaplikasikan. Dengan tersedianya energi listrik maka hal ini nantinya secara langsung akan berdampak pada peningkatan kesejahteraan masyarakat setempat.

METODE

Metode yang digunakan adalah eksperimen, yaitu membuat sebuah turbin ulir skala pikohidro yang dilanjutkan dengan pengujian kinerja turbin tersebut pada saluran air. Pada penelitian digunakan alat-alat seperti meter rol, multimeter digital, current meter, serta bahan seperti pipa PVC, besi hollow, dinamo generator DC, dan lampu LED.



Gambar 2. Turbin Ulir Skala Pikohidro Yang Siap Diuji
(Sumber: Dokumentasi penelitian, 2024)

Kegiatan yang dilaksanakan pada penelitian ini meliputi pengukuran dan perhitungan potensi energi air, proses rancang bangun turbin ulir skala pikohidro, serta pengujian karakteristik turbin. Proses pabrikasi turbin ulir skala pikohidro dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Cenderawasih, sedangkan pengukuran potensi air serta pengujian kinerja turbin dilaksanakan pada aliran air di selokan (drainase) kompleks perumahan Uncen Kali Acai.

Pengambilan data potensi air pada lokasi penelitian dilakukan dengan dengan mengukur kecepatan aliran dengan menggunakan current meter dilanjutkan dengan mengukur dimensi saluran air yakni lebar dan kedalaman saluran dengan menggunakan meter rol. Dari pengukuran ini diperoleh data debit (Q) air pada saluran air serta head (H) yang memungkinkan dalam hal pengaturan sudut kemiringan turbin. Pada pengujian kinerja

turbin, maka rangkaian terdiri dari turbin ulir, sistem transmisi (pulley dan v-belt), generator, beban (rangkaian lampu listrik), serta alat ukur tegangan dan arus listrik (multimeter digital). Kemiringan turbin ulir yang dipilih adalah 14°, 18°, 22°, 26°, dan 30°.

Langkah-langkah pengujian kinerja turbin ulir yang dilakukan secara eksperimental adalah sebagai berikut:

- 1) Mengatur sudut kemiringan turbin ulir pada sudut 14°.
- 2) Memasang dan meletakkan turbin ulir tanpa beban pada aliran air.
- 3) Apabila turbin ulir sudah berputar beri beban berupa bola lampu DC. Tambahkan beban hingga lampu menyala redup (beban maksimum)
- 4) Mengukur besarnya arus dan voltase
- 5) Ulangi point 8 s/d 11 di atas pada sudut kemiringan 18°, 22°, 26°, dan 30°.
- 6) Data-data hasil pengukuran ditulis dalam tabel data pengamatan

Berikut ini Adalah rumus-rumus ilmiah yang digunakan untuk analisis data:

1. Debit (Q)

$$Q = A.V$$

dimana: Q = Debit aliran air (m³/s)
A = Luas Penampang saluran air (m²)
V = Kecepatan aliran air (m/s)

2. Daya input (P_{in})

$$P_{in} = \rho g Q H$$

dimana: P_{in} = Daya input (watt)
 ρ = Massa jenis air (kg/m³)
g = Percepatan gravitasi bumi (m/s²)
H = Head (m)

3. Daya output (P_{out})

$$P_{out} = V.I$$

dimana: P_{out} = Daya output (W)
V = Tegangan listrik (V)
I = Kuat arus listrik (A)

4. Efisiensi turbin (η_t)

$$\eta_t = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\%$$

dimana: η_t = Efisiensi turbin (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil dibuat sebuah turbin ulir skala pikohidro yang memiliki spesifikasi sebagai berikut: Panjang turbin: 800 mm, Diameter turbin: 152,4 mm, Jumlah bilah: 3 buah, Daya generator: 50 watt.



(a) Pengukuran Potensi Air (Head dan Debit)



(b) Pengujian Kinerja Turbin

Gambar 3. Pengukuran Potensi Air dan Pengujian Kinerja Turbin Ulir Skala Pikohidro
(Sumber: Dokumentasi penelitian, 2024)

Dari hasil pengujian kinerja turbin diperoleh bahwa daya output meningkat seiring dengan meningkatnya sudut kemiringan turbin. Tabel 1 di bawah ini menunjukkan kinerja turbin pada berbagai sudut kemiringan:

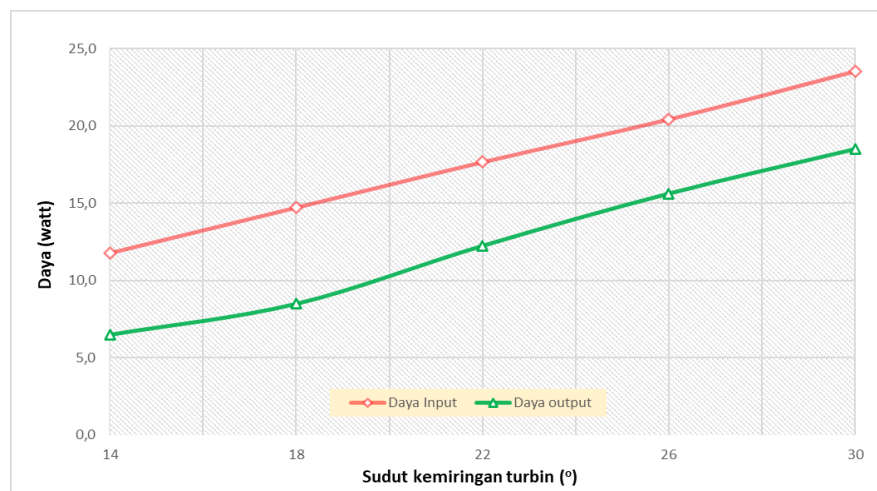
Tabel 1. Kinerja Turbin Ulir pada berbagai sudut kemiringan turbin

Sudut kemiringan, θ °	Head, H m	Debit, Q m ³ /s	Daya input (Daya hidrolik air), P_{in} watt	Daya Output (Daya turbin), P_{out} watt	Efisiensi turbin, η_t %
14°	0,20	0,006	11,77	6,50	55,22
18°	0,25	0,006	14,72	8,50	57,76
22°	0,30	0,006	17,66	12,25	69,37
26°	0,35	0,006	20,43	15,63	76,48
30°	0,40	0,006	23,54	18,50	78,58

(Sumber: Data diolah, 2024)

Daya Turbin Ulir

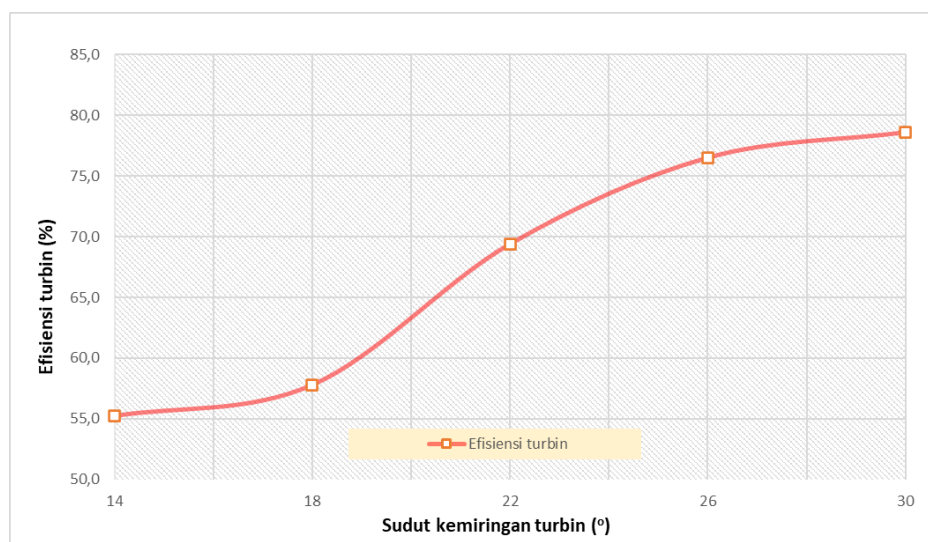
Dari grafik hubungan sudut kemiringan dengan daya turbin yang ditunjukkan pada gambar 4 di bawah ini, diperoleh bahwa semakin besar sudut kemiringan (θ) maka daya input (P_{in}) maupun daya output turbin (P_{out}) semakin besar. Hal ini terjadi karena semakin besar sudut kemiringan turbin maka head (H), yakni tinggi permukaan air pada sisi inlet turbin semakin besar. Dari penelitian diperoleh daya output turbin yang tertinggi terjadi pada kemiringan 30° yakni sebesar 18,50 watt.



Gambar 4. Daya input dan output turbin ulir skala pikohidro pada berbagai sudut kemiringan
(Sumber: Data diolah, 2024)

Efisiensi Turbin Ulir

Dari grafik hubungan sudut kemiringan dengan efisiensi turbin yang ditunjukkan pada gambar 5 di bawah ini, diperoleh bahwa semakin besar sudut kemiringan (θ) maka efisiensi turbin (η_t) semakin besar. Nampak bahwa kenaikan efisiensi turbin ulir yang signifikan terjadi pada sudut kemiringan 22° dan 26° sedangkan pada sudut 14° , 18° , serta 30° kenaikan efisiensi turbin cenderung lebih landai. Walaupun demikian efisiensi maksimum diperoleh pada sudut kemiringan 30° yakni sebesar 78,58% dimana hal ini menunjukkan bahwa konversi energi berlangsung lebih optimal pada kemiringan tersebut



Gambar 5. Efisiensi turbin ulir skala pikohidro pada berbagai sudut kemiringan
(Sumber: Data diolah, 2024)

Hasil yang telah dicapai pada penelitian ini adalah suatu prototipe berupa sebuah turbin ulir dengan kemiringan yang dapat disetel menyesuaikan ketinggian air yang tersedia di saluran. Dengan demikian turbin ulir ini sangat cocok diaplikasikan pada saluran dengan kedalaman aliran air yang berubah-ubah. Alat ini juga dapat diajarkan kepada mahasiswa pada mata kuliah Mesin-Mesin Fluida, Mekanika Fluida, dan Teknologi Tepat Guna.

Penelitian ini juga berpotensi memberikan solusi praktis untuk pembangkit listrik di daerah terpencil yang memiliki akses air tetapi tidak terjangkau oleh jaringan listrik konvensional. Oleh karena itu sebagai kelanjutan penelitian ini, direncanakan akan dilakukan penerapan alat ini kepada masyarakat yang membutuhkan melalui kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat. Dalam penerapannya daya output alat ini perlu ditingkatkan dengan cara memperbesar kapasitas turbin dan generator.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian serta analisa data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Turbin ulir skala pikohidro yang dibuat pada penelitian ini dapat membangkitkan listrik pada saat dipasang pada saluran air di Kompleks Perumahan Uncen Kali Acai. Spesifikasi teknis dari turbin ulir tersebut adalah panjang turbin 800 mm, diameter turbin 152.4 mm, diameter poros turbin 50.8 mm, jarak pitch ulir 152.4 mm, jumlah bilah 3 buah, kemiringan bisa diatur pada sudut 14°, 18°, 22°, 26°, dan 30°. Kekurangan pada penelitian ini adalah sudut kemiringan turbin tidak bisa melebihi 30° (head tidak bisa melebihi 40 cm) karena dibatasi oleh kedalaman saluran air yang tersedia di lokasi penelitian.
- 2) Unjuk kerja turbin skala pikohidro yang dibuat pada penelitian ini sudah cukup memadai, dimana diperoleh kinerja turbin terbaik terjadi pada sudut kemiringan 30° (daya input 23.54 watt; daya output 18.50 watt; dan efisiensi turbin 78.58%.
- 3) Teknologi ini memiliki potensi untuk diaplikasikan di daerah yang memiliki aliran air tetapi belum terjangkau listrik, terutama di wilayah terpencil di Papua.

SARAN

Penelitian terkait perlu terus dilakukan demi peningkatan performa turbin ulir baik dari segi kapasitas maupun efisiensi turbin. Selain itu turbin ulir skala pikohidro sebagai produk luaran dari penelitian ini sebaiknya diterapkan kepada masyarakat yang membutuhkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Keberhasilan pada penelitian ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Ketua dan staf LPPM Universitas Cenderawasih yang memberi dukungan biaya penelitian melalui dana PNBP; Ketua dan tim redaksi yang telah mereview dan menyetujui publikasi artikel penelitian ini pada Sigaruda Journal Edisi Desember 2025; Para dosen dan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Cenderawasih yang senantiasa memberi bantuan tenaga dan pemikiran.

DAFTAR PUSTAKA

- Firdaus M. S., Suharno K., Dewi R. P. Perancangan dan Simulasi Turbin Air Tipe Ulir Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro: Studi Kasus Pada Saluran Irigasi Progo-Manggis, Jurnal Senaster, Vol. 4 No. 1 (2023)
- Karim M. A., Sumarjo J. Perancangan Pembangkit Listrik Pikohydro Dengan Model Turbin Screw, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 11 No. 1 (2023), Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam “45”, Bekasi
- Tariantio J. E., Allo R., Palamba P. (2022) Rancang Bangun Turbin Ulir Tipe Pikohidro,

Tugas Akhir Mahasiswa, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Jayapura

Suyanto M., Subandi, Saputra A. D. Pemanfaatan Aliran Air Irigasi Sebagai Pemutar Turbin Ulir Untuk Penggerak Pembangkit Listrik, Seminar Nasional Teknoka, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Hamka (UHAMKA), Vol. 5, (2020), ISSN No. 2502-8782.