



Rancang Bangun Multi *Archimedes Screw Turbine Parallel*

Muhammad Fahsyah Alfathir¹, Muhammad Subhan², Hasdiansah^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
phianntarah@yahoo.co.id

Abstract

As an environmentally friendly application of renewable energy, pico-hydro power plants are a prime option, especially for remote areas with sufficient water flow. However, the effectiveness of pico-hydro power remains a matter of debate, particularly regarding the angle and rpm required to generate sufficient electrical power. The method is carried out by designing and building a multi-Archimedes screw turbine prototype that applies a transmission system to improve the performance of the turbine rotation in parallel. The test results show that the 45-degree turbine tilt angle configuration produces a turbine rotation of 97 rpm, which indicates optimal efficiency in utilizing water flow with a transmission system that can contribute to stabilizing in increasing rotation speed.

Keywords: Archimedes screw turbine, renewable energy, transmission system, tilt angle, pico hydro

Abstrak

Sebagai salah satu pengaplikasian energi terbarukan yang ramah lingkungan, pembangkit listrik tenaga pico hydro menjadi salah satu pilihan terbaik terutama bagi wilayah yang terpencil dengan aliran air yang cukup. Namun, keefektifan dari tenaga pico hydro masih menjadi hal yang dipermasalahkan terutama dari segi sudut, rpm yang dihasilkan, untuk mendapatkan daya listrik yang cukup. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kinerja multi archimedes screw turbine dengan kemiringan sudut 45 derajat pada sistem transmisi yang parallel terhadap kecepatan yang dihasilkan oleh turbine tersebut. Metode dilakukan dengan merancang dan membangun prototipe multi archimedes screw turbine yang menerapkan sistem transmisi untuk meningkatkan kinerja putaran turbine secara parallel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konfigurasi sudut kemiringan turbine 45 derajat menghasilkan putaran turbine sebesar 97 rpm, yang menunjukkan efisiensi optimal dalam memanfaatkan aliran air dengan sistem transmisi yang dapat berkontribusi menstabilkan dalam meningkatkan kecepatan putaran.

Kata kunci: archimedes screw turbine, energi terbarukan, sistem transmisi, sudut kemiringan, pico hydro

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang mempunyai wilayah yang kaya dengan sumber daya alam, diantaranya adalah air. Dengan adanya kekayaan alam tersebut maka sampai sekarang sudah banyak yang memanfaatkan air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA merupakan pembangkit yang memanfaatkan energi potensial dan kinetik melalui air agar menghasilkan energi listrik [1]. Micro-Hydro adalah pembangkit listrik tenaga air ukuran kecil dengan daya 5-100 kW yang memanfaatkan energi mekanik dari aliran air dengan menggunakan turbin *Archimedes screw*. Turbin *archimedes screw* merupakan tipe turbin

yang dihasilkan dari pengembangan pompa air yang memindahkan air dengan cara memutar *screw*. Prinsip kerja *archimedes screw* adalah kebalikan dari prinsip kerja sebelumnya dimana laju aliran air dari permukaan tinggi dimanfaatkan untuk memutar *screw* yang mana digunakan untuk memutar generator dan menghasilkan listrik. Dengan keuntungan dari turbin *screw* yaitu mudah pengoperasiannya, tidak mengganggu ekosistem perairan serta efisiensi dari kinerja lebih optimal maka turbin ini semakin banyak yang ingin mengembangkannya [2]. Melakukan rancang bangun mengenai turbin *archimedes screw* dengan tujuan

untuk melakukan perbandingan dengan turbin ulir lainnya dengan tahapan proses, tahapan assembly serta melakukan pengujian terhadap performa turbin *archimedes screw* tersebut. Adapun hasil yang didapatkan ialah turbin *archimedes screw* mempunyai konstruksi yang kokoh dan berfungsi sesuai dengan analisa perancangan sehingga dapat digunakan pengujian dan pengambilan data [3]. Sedangkan dalam penelitian mengambil judul perancangan turbin ulir pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala laboratorium dengan tujuan membuat survey pelanggan untuk turbin pembangkit listrik tenaga mikrohidro [4]. Berdasarkan hasil penelitian diatas maka peneliti akan merancang dan membuat sebuah alat uji untuk mengetahui efisiensi yang dapat dibangkitkan oleh turbin *archimedes screw*.

Pemilihan jenis turbin yang sesuai untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro tergantung pada karakteristik aliran yaitu tinggi jatuh air, debit aliran yang tersedia dan kecepatan turbin. Dalam penelitian ini menggunakan jenis turbin *archimedes screw* dimana jenis turbin ini konstruksinya mudah, memiliki efisiensi yang tinggi serta beban yang diterima tidak terlalu besar. Rangka turbin *archimedes screw* rangka berfungsi sebagai penyangga guncangan turbin *archimedes screw* agar tetap meredam getaran yang diakibatkan laju aliran yang melewati *screw* [5]. Potensi energi aliran sungai/irigasi yang memiliki *head* rendah (kurang dari 3 meter) masih banyak belum dimanfaatkan dikarenakan terkendala oleh ketersediaan teknologi yang dapat memanfaatkannya [6]. Dibutuhkan turbin khusus untuk memanfaatkan aliran sungai dengan *head* yang rendah. Turbin *archimedes screw* merupakan turbin yang dapat diaplikasikan untuk aliran sungai/aliran irigasi yang memiliki *head* rendah [7].

Pemanfaatan potensi energi pada aliran sungai/irigasi dengan menggunakan turbin *archimedes screw* memerlukan perancangan yang baik agar energi mekanik dari air dapat dikonversi menjadi energi listrik secara maksimal [8]. Perlu diperhatikan untuk menghasilkan turbin yang memiliki efisiensi tinggi, bentuk geometri dari turbin *archimedes screw* ditentukan dari parameter eksternal yakni radius luar, panjang turbin, dan kemiringan peletakan (*slope*) serta parameter internal yaitu radius dalam, jumlah sudu, dan *pitch* [9].

Yulianto, dkk. melakukan penelitian mengenai turbin rotor sekrup (*Archimedes screw*) yang menunjukkan bahwa pengaruh sudut *screw* dan pembebanan mengakibatkan turunnya kecepatan putaran yang tidak disertai meningkatnya torsi [10]. *Generator Brushless Direct Current* (BLDC) menunjukkan kemampuan menghasilkan daya listrik pada rentang kecepatan 200–900 rpm,

dengan peningkatan daya seiring bertambahnya putaran. Dari hasil pengujian tersebut diketahui bahwa pada kecepatan sekitar 200 rpm, generator sudah mulai menghasilkan tegangan dan arus listrik yang terukur. Hal ini menunjukkan bahwa 200 rpm dapat dianggap sebagai batas minimal putaran (rpm minimal) atau torsi minimal yang diperlukan agar generator dapat berfungsi secara efektif sebagai pembangkit listrik pada kecepatan rendah (low speed generator) [11].

Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan mengenai turbin *archimedes screw*, permasalahan yang ditemui berupa konstruksi turbin belum maksimal sehingga efisiensi kurang optimal didapatkan dari saluran air yang memiliki *head* rendah dan perubahan putaran yang signifikan akibat pembebanan pada generator [12]. Dalam rangka menstabilkan putaran pada saat pembebanan dilakukan, maka pada konstruksi ditambahkan 1 lagi turbin *archimedes* yang dikopel dengan generator yang sama dengan turbin pertama. Diharapkan dengan penambahan turbin dapat meningkatkan efisiensi dari suatu aliran sungai/irigasi [13].

Turbin air model ulir adalah salah satu teknologi yang menjanjikan untuk menggunakan energi air, terutama di daerah dengan aliran air rendah. Turbin ini memiliki desain sederhana dan efisien yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari pembangkit listrik kecil hingga sistem irigasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa turbin ulir dapat beroperasi dengan baik pada kondisi *head* rendah, menjadikannya pilihan yang ideal untuk lokasi-lokasi yang tidak memiliki potensi air yang besar [14]. Turbin ulir dikategorikan sebagai turbin reaksi dengan memanfaatkan energi kinetik dan energi potensial dari aliran menjadi energi mekanik berupa putaran poros [15]. Saat beroperasi, unjuk kerja turbin air dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti debit, *head*, dan sudu turbin [16]. Untuk proses perancangan dan pembuatan turbin *screw* berpatokan kepada besar debit aliran yang dimiliki [17].

2. Metode Perancangan

Metode perancangan adalah salah satu metode untuk memunculkan suatu rancangan dengan berbagai pilihan dan variasi, untuk membuat rancangan yang optimal. Metode perancangan yang digunakan untuk rancang bangun ini adalah metode VDI 2222 (*Verein Deutscher Ingenieure* / Persatuan Insinyur Jerman). Adapun tahapan pada metode perancangan VDI 2222.

Pada rancang bangun ini digunakan beberapa komponen penting, di antaranya poros, puli dan belt, bantalan bakar, serta tachometer. Poros berfungsi menyalurkan putaran dari turbin menuju

bagian sistem lain. Puli dan belt bertugas memindahkan putaran tersebut sekaligus mengatur perbandingan kecepatannya. Untuk menjaga poros tetap berputar dengan stabil dan meminimalkan gesekan, dipasang bantalan bakar. Selain itu, tachometer digunakan untuk mencatat kecepatan putaran poros sehingga nilai RPM dapat diperoleh secara langsung sebagai bahan analisis. Ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.

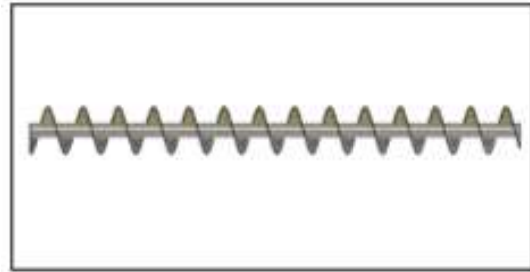


Gambar 1 poros, puli dan belt, bantalan bakar



Gambar 2. Tachometer

Desain *screw* dibuat menggunakan perangkat lunak *solidworks* dengan mempertimbangkan kestabilan putaran, dan kemudahan manufaktur. Desain ini dioptimalkan untuk diaplikasikan pada turbin, sehingga mampu menghasilkan putaran yang stabil. Model 3D *screw* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain *screw*

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk menguji kinerja turbin yang dilengkapi dengan 4 *screw (parallel)*. Desain *turbine* dibuat menggunakan perangkat lunak *solidworks* dengan mempertimbangkan efisiensi kecepatan dan kestabilan putaran, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Mesin Multi *Archimedes Screw Turbine (Parallel)*

Tahapan pembuatan masing-masing komponen turbin dilakukan melalui beberapa proses manufaktur, dimulai dari pengukuran dimensi komponen. Seperti *screw*, poros, plat. Selanjutnya dilakukan pemotongan plat dan poros sesuai ukuran yang telah ditentukan menggunakan mesin gerinda tangan dan gerinda duduk. bahan yang telah dipotong dikerjakan dengan proses untuk menyesuaikan desain yang telah dibuat. Seluruh komponen dirakit dan dipasang untuk memastikan sistem dapat berfungsi sesuai desain. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses *Finishing* Turbin

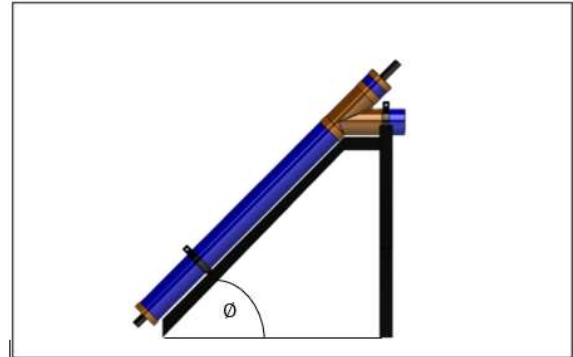
Proses pengujian pada mesin multi *archimedes screw turbine (parallel)* dengan menggunakan sistem transmisi dilakukan di lingkungan Kemuja, Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka. Pengujian difokuskan pada kecepatan yang dihasilkan pada turbin, diukur menggunakan digital tachometer. Tujuan pengujian ini adalah mengetahui pengaruh kinerja multi *archimedes screw turbine* dengan kemiringan sudut 45 derajat pada sistem transmisi yang *parallel* terhadap kecepatan yang dihasilkan oleh turbin ditunjukkan pada Gambar 6.



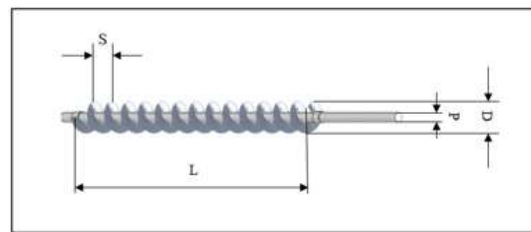
Gambar 6. Proses Pengujian

Parameter Multi *Archimedes Screw Turbine (Parallel)*

Tabel 1 menunjukkan standar *archimedes screw turbine* yang diperoleh dari rancangan:



Gambar 7. Sudut Kemiringan Turbin



Gambar 8. Parameter Turbin

Tabel 1 Parameter *Archimedes Screw Turbin*

Parameter	Nilai
Sudut Kemiringan Turbin θ	45 derajat
Diameter Turbin (D)	97 mm
Diameter Poros Turbin (P)	30 mm
Panjang Turbin (L)	1000 mm

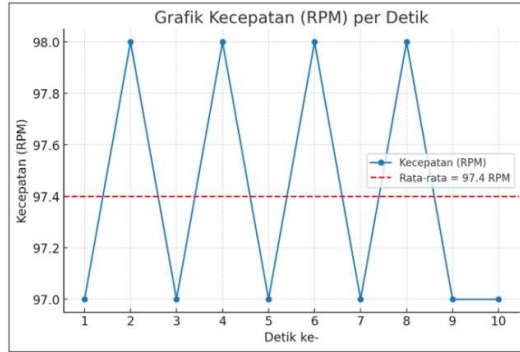
3. Hasil Uji Coba

Uji coba dilakukan dari detik ke 1 hingga detik ke 10 terhadap putaran turbin untuk mengetahui kestabilan putaran RPM dengan keadaan inlet terendam air. Hasil ini menunjukkan variasi nilai RPM dengan rentang antara 97 hingga 98 RPM nilai tersebut relatif stabil dan tidak menunjukkan fluktuasi yang signifikan pada setiap detik pengamatan. Ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Data Uji Coba

Detik ke	Kecepatan (RPM)
1	97
2	98
3	97
4	98
5	97
6	98
7	97

8	98
9	97
10	97
Rata-rata	97,4 = 97



Gambar 13 Grafik Rata-rata Uji Coba

Pada pengujian ini didapatkan kecepatan putaran rata-rata sebesar 97 rpm untuk konfigurasi sudut 45°. Data yang diambil fokus pada kestabilan putaran turbin dan performa mekanik RPM pada kondisi uji. Perlu dicatat bahwa pengukuran efisiensi konversi energi (rasio daya keluar terhadap daya hidraulik masuk) tidak dilakukan pada eksperimen ini karena keterbatasan pengukuran debit (Q) dan torsi/daya keluaran listrik yang diperlukan untuk perhitungan efisiensi. Oleh karena itu, pada bagian ini hanya dilaporkan parameter putaran dan kestabilan operasi turbin.

Hasil ini menunjukkan bahwa desain turbin ini mampu dalam menghasilkan putaran yang stabil, sehingga dapat dikatakan efisien dalam penggunaannya. Hal ini dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk pembangkitan energi listrik mikrohidro atau aplikasi energi terbarukan lainnya. Proses pengujian di tampilan pada Gambar 6.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan, menunjukkan bahwa sudut kemiringan turbin 45 derajat menghasilkan putaran turbin sebesar 97 rpm yang menunjukkan efisiensi optimal dalam memanfaatkan aliran air. Sistem transmisi yang dapat berkontribusi menstabilkan dalam meningkatkan kecepatan putaran. Selain itu, dari pengamatan pengujian yang dilakukan, sudut ini juga memberikan keseimbangan antara gaya dorong aliran air, sehingga turbin mampu beroperasi dengan baik tanpa mengalami hambatan. Namun, penelitian ini belum melakukan pengukuran efisiensi energi secara kuantitatif karena kurangnya data debit dan torsi/daya keluaran. Untuk memastikan besaran efisiensi dan potensi pembangkitan listrik, penelitian lanjutan diperlukan dengan pengukuran debit (Q), head

efektif (H), dan daya keluaran listrik (V, I) atau torsi poros sehingga efisiensi turbin dapat dihitung secara kuantitatif.

Daftar Rujukan

- [1] Jabar, M.A., 2020. Analisis Efisiensi Keluaran Energi Listrik Prototipe Sistem Pembangkit Tenaga Pico Hydro Menggunakan Jenis Turbin Archimedes Screw. *Jurnal Mechanical*, 11(2), pp.36–43.
- [2] Nugraha, A., 2022. Analisis Kinerja Turbin Archimedes Screw Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), pp.48–56.
- [3] Rahmat, A.R., 2022. Pembuatan Turbin Ulir Archimedes Tenaga Mikrohidro. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Bung Hatta*, 20 (2).
- [4] Lumbanraja, D.J., 2022. Desain Turbin Spiral Untuk Pembangkit Listrik Mikro Hidro Skala Laboratorium Daya 50 W. Skripsi Sarjana Teknik Mesin, Universitas Medan Area.
- [5] Setyawan, I., 2021. *Perancangan Turbin Screw Archimedes Dengan Kapasitas Aliran 0.0125 m³/s, Head 0.64 m dan Simulasi Pengujian Statis Dengan Software SolidWorks 2018*. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Gunadarma*, 12(1), pp.15–22.
- [6] Susanto, B. and Widodo, A., 2021. *Potensi Energi Aliran Sungai Ber-Head Rendah*. *Jurnal Energi Terbarukan*, 15(3), pp.45–53.
- [7] Williams, A. and Smith, J., 2020. *Archimedes Screw Turbine for Low Head Hydropower Applications*. *Renewable Energy Journal*, 89, pp.456–466.
- [8] Putra, H.A. and Nurdin, M., 2021. *Desain Turbin Archimedes untuk Aliran Sungai Head Rendah*. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(2), pp.78–85.
- [9] Santoso, D. and Rahmawati, L., 2022. *Pengaruh Geometri pada Efisiensi Turbin Archimedes Screw*. *Indonesian Journal of Renewable Energy*, 8(1), pp.32–40.
- [10] Yulianto, T., 2019. *Pengaruh Sudut Sudu dan Pembebanan pada Turbin Archimedes Screw*. *Jurnal Energi Air*, 7(2), pp.112–120.
- [11] Indarto, B., Ilhami, A.W., and Bustomi, M.A., 2020. *Testing Low RPM BLDC Generator as Power Plant for Remote Areas*. *Journal of Physics: Conference Series*, 528(1), pp.1–6.
- [12] Wibowo, S. and Setiawan, R., 2022. *Analisis Efisiensi Turbin Archimedes pada Saluran Air Head Rendah*. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 14(3), pp.65–72.
- [13] Hidayat, M. and Pratama, Y., 2023. *Efisiensi Ganda pada Turbin Archimedes Screw dengan Konfigurasi Double Screw*. *Journal of Renewable Energy Systems*, 11(4), pp.98–106.

- [14] Zamani, R.S.A.K.M., 2024. *Enhancing Performance Evaluation of Archimedes Screw Turbines under Optimal Conditions: A Focus on Flow Rate Analysis, Empirical Equations, and Comparative Scaling Methods*. Iranian Journal of Energy and Environment, 15(2), pp.123–134.
- [15] Slameto, B.S.E.F.B., 2020. *Pembuatan dan Pengujian Turbin Ulir Dua Sudu*. Jurnal Teknik Energi, 6(2), pp.547–550.
- [16] Iswanda, D.N.W.S., 2023. *Pengaruh Head Inflow serta Sudut Sumbu Turbin terhadap Efisiensi dan Fenomena Aliran pada Turbin Ulir Dua Bilah*. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, 14(1), pp.22–30.
- [17] Zaira, J. and Naibaho, O., 2023. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Pikohidro Menggunakan Turbin Screw Pada Aliran Danau PCR*. Jurnal Teknik Mesin (JTM), 16(1), pp.1–8.