

Desain Turbin Spiral pada Perancangan Sistem PLTMH Skala Mikro

Rizqi Adi Pangestu¹⁾, Romi Djafar²⁾, Mustofa³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Mesin dan Peralatan Pertanian, Politeknik Gorontalo

Jl. Muchlis Rahim, Desa Ponggulo Barat, Kec. Botupingge, Kab. Bone Bolango, Gorontalo, Indonesia

e-mail: rizqiadipangestu@gmail.com

ABSTRAK

Energi listrik dari bahan bakar fosil dapat memenuhi kebutuhan manusia. Namun, di sisi lain cadangan bahan bakar fosil makin hari makin berkurang sehingga perlu dilakukan upaya penghematan energi. Upaya ini dapat ditempuh dengan cara menggunakan energi alternatif yang merupakan bagian dari energi baru dan terbarukan. Salah satunya adalah pemanfaatan potensi air sebagai sumber energi. Hal ini umumnya diterapkan pada daerah-daerah yang sumber listriknya sulit tetapi memiliki potensi aliran air yang baik. Potensi ini dapat digunakan untuk membuat pembangkit listrik mikro hidro, baik untuk keperluan penerangan sawah, irigasi dan lahan pertanian lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang turbin tipe spiral pada skala mikro hidro dan untuk mengetahui daya turbin yang dihasilkan. Metode penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu desain dan perancangan, pembuatan turbin, pengujian, dan tahap analisa hasil pengujian. Karakteristik sistem pembangkit yang dirancang memiliki turbin berbentuk spiral dengan panjang 0,60 m dan diameter 0,18 m, diameter poros turbin 0,0254 m, pitch turbin 0,216 m dengan jumlah ulir turbin 12 buah. Turbin yang dirancang memiliki sudut kemiringan 11° dan debit aliran $0.017 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan kecepatan putaran turbin 127 rpm. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diperoleh daya turbin dan efisiensi matematis masing-masing sebesar 1446,3 watt dan 87,3 %.

Kata Kunci: mikrohidro, turbin spiral, daya turbin, efisiensi matematis

ABSTRACT

Electrical energy from fossil fuels can meet human needs. However, on the other hand, fossil fuel reserves are decreasing, so it is necessary to make energy saving efforts. This effort can be achieved by using alternative energy which is part of new and renewable energy. One of them is the utilization of water potential as an energy source. This is generally applied to areas where electricity sources are difficult but have good water flow potential. This potential can be used to make micro hydro power plants, both for lighting rice fields, irrigation and other agricultural land. The purpose of this research is to design a spiral type turbine on a micro hydro scale and to determine the power of the turbine produced. This research method is carried out through several stages, namely design and design, turbine manufacture, testing, and analysis of test results. The characteristics of the designed generating system have a spiral turbine with a length of 0.60 m and a diameter of 0.18 m, a turbine shaft diameter of 0.0254 m, a turbine pitch of 0.216 m with a total of 12 turbine threads. The turbine is designed to have a tilt angle of 11° and a flow rate of $0.017 \text{ m}^3/\text{s}$ resulted in a turbine rotation speed of 127 rpm. Based on the results of tests and calculations, the turbine power and mathematical efficiency were 1446.3 watts and 87.3%, respectively.

Keywords: micro hydro, spiral turbine, turbine power, mathematical efficiency

I. PENDAHULUAN

Energi listrik dari bahan bakar fosil memiliki peranan yang penting baik untuk memenuhi kebutuhan industri, usaha-usaha, bahkan kebutuhan rumah tangga. Dalam realita penggunaan saat ini, energi makin hari makin meningkat, disisilain cadangan bahan bakar fosil semakin terbatas, sebagai dampak meningkatnya kebutuhan energi tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

Potensi saluran air/parit sistem air dapat dibuat menjadi miniatur pembangkit listrik tenaga air (PLTMH). Jenis-jenis turbin air yang umum dikenal dan diterapkan pada miniatur pembangkit listrik tenaga air adalah turbin crossflow, turbin Kaplan, turbin baling-baling, turbin Turgo, turbin Francis, dan turbin Pelton. Turbin ulir adalah sejenis turbin air yang dianut dari hipotesis ulir Archimedeian. Keuntungan dari turbin ulir termasuk memiliki opsi untuk bekerja pada ketinggian rendah ($H < 10$ m), tidak memerlukan saluran cepat, mudah dipasang, mudah diikuti dan tidak membahayakan biologi jalur air atau menampung ikan (Okot, 2013).

Pembangkit listrik tenaga air mini (PLTMH) yang ada saat ini menggunakan energi air yang memiliki debit air yang tinggi, namun banyak di kota-kota yang jauh tidak memiliki debit air yang tinggi namun hanya aliran yang memiliki energi aktif. Dengan memanfaatkan turbin air kepala ultra rendah, aliran potensial ini dapat digunakan untuk menggerakkan kerangka kerja pembangkit listrik tenaga air mini yang super kecil dari biasanya. Triyono dkk (2014) telah membuat PLTMH *low head* namun pencapaiannya masih di bawah target dan membutuhkan banyak kemajuan, aliran air yang dianggap menyusahkan dan tidak layak.

Penggunaan PLTMH memiliki kelebihan dibandingkan pembangkit listrik lainnya. Hal ini karena biaya yang digunakan dalam operasinya rendah, ramah lingkungan karena menggunakan air sebagai sumber energi, sistemnya berkelanjutan, dan mudah dalam operasionalnya. Dengan ukurannya yang kecil, penggunaan miniatur hidro ini terbilang sederhana dan tidak merusak iklim. Cakupan pemanfaatannya sangat luas, terutama untuk roda gigi atau mesin yang bergerak yang tidak membutuhkan kebutuhan pengamanan yang ketat (Riadi, 2016). Selain itu, penggunaan PLTMH juga dimaksudkan untuk menyadarkan masyarakat dan meningkatkan komitmennya dalam memelihara hutan (Sallata, dkk., 2015).

Saat ini Provinsi Gorontalo memiliki beberapa sumber pembangkit listrik, yaitu: PLTU, PLTG, PLTS, PLTS, dan PLTA. Ada begitu banyak masalah untuk memenuhi kebutuhan energi ini, terutama karena ketergantungan kita yang besar pada bahan bakar minyak (BBM) dan untuk membuat salah satu pembangkit tenaga ini membutuhkan biaya yang sangat besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan berbagai upaya untuk menghemat energi dan memanfaatkan sumber energi pilihan, khususnya energi baru dan ramah lingkungan, dan salah satunya adalah pemanfaatan energi potensial air.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui daya dan efisiensi turbin spiral pada PLTMH skala kecil. Penelitian ini dimaksudkan dapat menjadi solusi bagi masyarakat pedesaan yang memiliki potensi air yang besar namun belum dimanfaatkan secara optimal. Pembuatan PLTMH dengan turbin tipe spiral dikembangkan dari PLTMH yang sebelumnya yang salah satu tujuannya adalah mudah dibawa dan dipindahkan. Pengembangan yang dimaksud adalah penambahan panjang panjang sebesar 25% dari kondisi eksisting serta penambahan ketinggian sudut helix sebesar 10%. Diharapkan dengan perubahan ini dapat menghasilkan putaran turbin yang lebih maksimal.

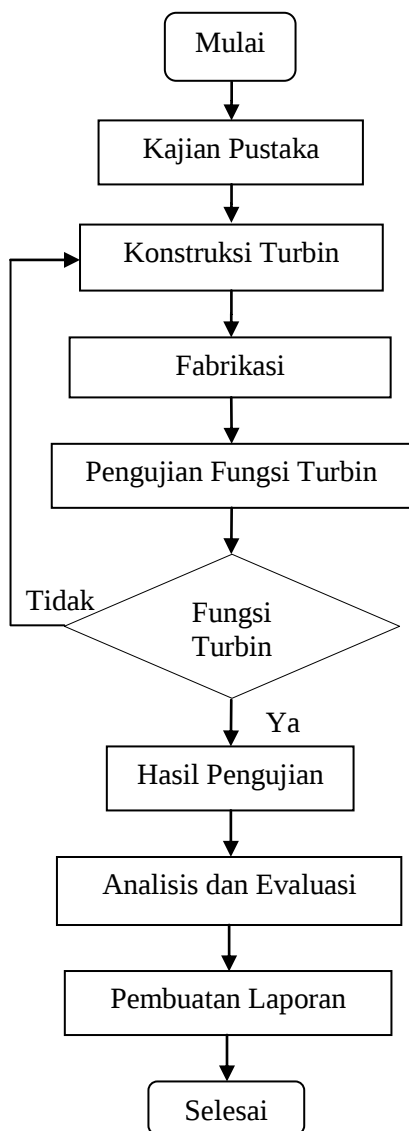
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan mengikuti tahapan-tahapan sebagaimana disajikan dalam diagram alir pada Gambar 1. Tahap perancangan dan fabrikasi sistem pembangkit dengan turbin spiral dilakukan di Laboratorium Prodi Mesin dan Peralatan Pertanian Politeknik Gorontalo.

Perancangan dan Fabrikasi

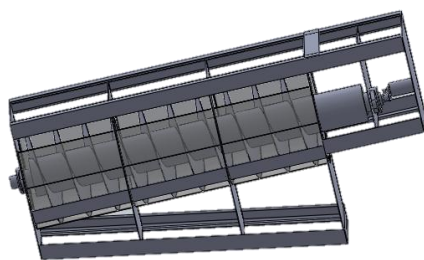
Konstruksi sistem pembangkit dengan turbin spiral (Gambar 2) memiliki beberapa komponen utama, yaitu:

- a. Rangka
Berfungsi sebagai penyangga atau tempat menempelnya komponen-komponen pembangkit listrik mikro hidro. Kerangka ini memiliki dimensi panjang 70 cm dan lebar 28 cm. Pada bagian dalam rangka terdapat sirip-sirip yang berlubang sebagai tempat masuknya poros spiral (Gambar 3).
- b. Turbin
Turbin (Gambar 4) berfungsi untuk mengubah energi dari air menjadi energi mekanik. Turbin

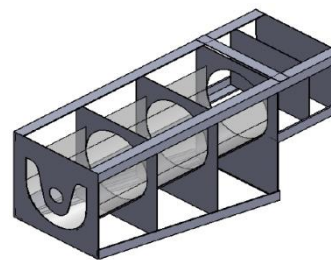


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

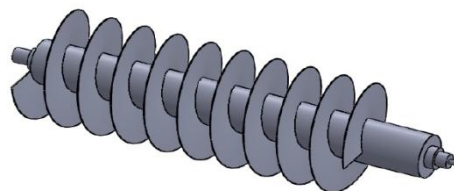
yang dirancang memiliki bentuk spiral dengan panjang spiral 60 cm dan diameter 18 cm. Turbin ini memiliki sudut 11° . Selain itu, sistem PLTMH ini juga dilengkapi dengan generator dan sistem penghalang air. Penghalang air ini dimaksudkan untuk menampung air yang masuk sehingga dapat mengalirkan turbin secara optimal.



Gambar 2. Sistem Pembangkit dengan Turbin Spiral



Gambar 3. Rancangan Rangka Sistem PLTMH



Gambar 4. Rancangan Turbin Tipe Spiral

Pengujian

Sistem pembangkit dengan turbin spiral diuji pada aliran irigasi yang memiliki kecepatan aliran rata-rata 0,12 m/s. Debit air pada aliran tersebut sebesar $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ pada luasan $0,15 \text{ m}^2$. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sistem pembangkit pada aliran air yang dibendung di sisi kiri dan kanannya. Hal ini dimaksudkan agar aliran air terpusat pada sistem tersebut sehingga optimal fungsinya untuk memutar turbin.

Perhitungan Efisiensi dan Daya Turbin

Efisiensi turbin spiral dan daya turbin masing-masing dihitung berdasarkan persamaan 1 dan 2 (Saefudin, 2017).

$$\eta = \left(\frac{2 \times (a+1)}{2 \times (a+2)} \right) \left(1 - \frac{0,011125 \times D^2}{Q} \right) \quad (1)$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta \quad (2)$$

dimana,

η = efisiensi turbin (%)

P = daya turbin (watt)

ρ = massa jenis air (1000 kg/m^3)

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Q = debit air (m^3/s)

H = ketinggian air (m)

D = diameter turbin (m)

Nilai a pada persamaan 1 diperoleh menggunakan persamaan 3:

$$a = \frac{h_o}{\Delta h} \quad (3)$$

dengan $h_o = 0,30$ m dan $\Delta h = x \sin \theta$ (sudut turbin).

Adapun nilai x diperoleh dari persamaan 4:

$$x = \frac{1}{N} S \quad (4)$$

dimana N adalah jumlah *blade* (pisau turbin) dan S adalah *pitch* turbin yang ditentukan berdasarkan kriteria berikut:

- Jika sudut turbin $\leq 30^\circ$, maka $S = 1,2D$
- Jika sudut turbin $= 30^\circ$, maka $S = 1,0D$
- Jika sudut turbin $\geq 30^\circ$, maka $S = 0,8D$

Dikarenakan sudut turbin $11^\circ (\leq 30^\circ)$ maka nilai S diperoleh sebesar 0,216 m.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fabrikasi Turbin Tipe Spiral

Fabrikasi turbin penggerak tipe spiral pada PLTMH portable dibuat dari material Galvanis. Pemilihan material ini didasarkan pada karakteristik dan kondisi lingkungan dimana sistem ini diaplikasikan. Kondisi yang dimaksud adalah kondisi saluran air sehingga memerlukan jenis material yang tahan terhadap kontaminasi air, salah satunya adalah korosi. Artinya, jenis material yang digunakan setidaknya dapat menghambat laju korosi pada tiap komponen turbin. Komponen utama Turbin mikrohidro ditunjukkan Pada Gambar 5.



Gambar 5. Turbin Spiral

Pada turbin PLTMH ini terdiri dari rangka turbin yang berfungsi sebagai tempat turbin berputar dan turbin itu sendiri yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik. Pada turbin spiral terpasang 2 buah bearing tempel yang berfungsi untuk mempermudah turbin berputar dengan sempurna.

Pemasangan instalasi turbin mikrohidro dilakukan di aliran irigasi di Jalan Taman Anggrek 1, Desa Pauwo, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo (Gambar 6).



Gambar 6. Instalasi PLTMH dengan Turbin Spiral

Pengujian dilakukan dengan pertama-tama membuat bendungan di samping turbin agar air fokus mengalir pada turbin. Kemudian menghitung debit air berdasarkan luas penampang dan laju aliran, serta mengukur putaran turbin. Spesifikasi turbin mikrohidro itu diperoleh dari parameter input berupa ukuran hasil fabrikasi sedangkan parameter output adalah nilai hasil pengujian. Adapun spesifikasi turbin hasil pengujian pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi PLTMH dengan Turbin Tipe Spiral

No	Parameter	Nilai
1	Sudut turbin, θ	11°
2	Kecepatan putaran turbin	127 rpm
3	Diameter turbin	0,18 m
4	Diameter poros turbin	0,0254 m
5	Panjang turbin	0,60 m
6	Pitch turbin (s)	0,216 m
7	Jumlah blade (N)	1
8	Jumlah ulir	12

Menghitung Efisiensi Turbin, η

Efisiensi turbin secara matematis berdasarkan persamaan 1 ditentukan berdasarkan parameter-parameter sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter dalam Penentuan Efisiensi Turbin

No	Parameter	Nilai
1	Nilai x	0,216 m
2	Nilai h_o	0,30 m
3	Nilai Δh	0,0412 m
4	Nilai a	7,28
5	Nilai Q	0,0169 m ³ /s

Berdasarkan parameter-parameter pada Tabel 2 dan persamaan 1 diperoleh efisiensi turbin sebesar 87,3%. Nilai efisiensi turbin memiliki hubungan yang positif dengan debit air (Q). Artinya, jika debit air besar maka efisiensi turbin meningkat. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Muliawan & Yani (2016) bahwa untuk putaran runner yang sama, meningkatnya debit air dapat meningkatkan efisiensi 5 kali lipat. Faktor lain juga putaran runner yang semakin tinggi berpengaruh pada naiknya efisiensi. Tentu ketiga hal ini saling berhubungan, dimana semakin tinggi debit air, maka semakin tinggi putaran yang menyebabkan meningkatnya efisiensi turbin.

Menghitung Daya Turbin, P

Daya turbin ditentukan berdasarkan parameter-parameter sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menghitung daya turbin berdasarkan persamaan 2.

Tabel 3. Parameter dalam Penentuan Daya Turbin

No	Parameter	Nilai
1	Massa jenis air, ρ	1000 kg/m ³
2	Gravitasi, g	9,8 m/s ²
3	Ketinggian/kedalam air (<i>head</i>), H	0,1 m
4	Efisiensi, η	87,3%
5	Nilai Q	0,0169 m ³ /s

Berdasarkan parameter-parameter pada Tabel 3 dan persamaan 2 diketahui daya turbin sebesar 1446,3 watt. Persamaan 2 juga menunjukkan bahwa debit air (Q) berpengaruh pada daya turbin yang dihasilkan. Semakin tinggi debitnya maka akan meningkatkan daya turbin (Pamungkas, dkk., 2021). Selain dipengaruhi oleh debit air dan efisiensi, daya turbin juga dipengaruhi oleh faktor ketinggian (H). Artinya, ketinggian air meningkat dapat meningkatkan daya turbin. Dengan demikian, untuk meningkatkan daya turbin dapat dilakukan dengan membuat ketinggian air yang semakin besar. Hal ini juga berpengaruh pada debit air dan putaran turbin secara langsung.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa sistem PLTMH menggunakan turbin tipe spiral pada dimensi panjang 0,60 m, diameter turbin 0,18 m dan kecepatan putaran turbin 127

rpm mampu menghasilkan daya sebesar 1446,3 watt dengan efisiensi sebesar 87,3%. Untuk meningkatkan efisiensinya diperlukan cara dengan memperbesar nilai H (ketinggian air).

DAFTAR PUSTAKA

- Muliawan, A., & Yani, A., (2016), Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner, *Journal of Sainstek*, Vol. 8, No. 1, hal. 1-9.
- Okot, D. K., (2013). Review of Small Hydropower Technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 515–520. doi:10.1016/j.rser.2013.05.006
- Pamungkas, R. A., Wijaya, I. W. A., & Janardana, I. G. N., (2021), Pengaruh Debit Air terhadap Putaran Turbin dan Daya Output yang Dihasilkan Prototype PLTMH dengan Turbin Kaplan, *Jurnal SPEKTRUM*, Vol. 8, No. 2, hal. 169-177.
- Riadi, M., (2016), Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), <https://www.kajianpustaka.com/2016/10/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro.html>
- Saefudin, E., Kristyadi, T., Rifki, M., & Arifin, S., (2017), Turbin Screw untuk Pembangkit Listrik Skala Mikroidro Ramah Lingkungan, *Jurnal Rekayasa Hijau*, No. 3, Vol. 1, hal.233-244.
- Sallata, M. K., Yudono SHN, H., & Kadir W, A., (2015), Pemanfaatan Mikrohidro untuk Membangun Desa Mandiri Energi, *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, Vol 4. No. 1, hal. 71-80.
- Triyono, B., Haryadi, Nurega, P., (2014), Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Head Rendah dan Portable, *Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS)*, Vol. 5 (2014), hal. 172-177.