



Perancangan dan Analisis Daya Turbin Air Piko Hidro untuk Aliran Arus Rendah

Nia Nuraeni Suryaman¹, Raden Herdian Bayu Ash Siddiq², Neris Peri Ardiansyah³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama

³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama

¹nia.suryaman@widyatama.ac.id ²raden.herdian@widyatama.ac.id ²neris.ardiansyah@widyatama.ac.id

Abstract

Over time, the consumption of electrical energy needed in Indonesia is getting bigger. Various efforts continue to be made either by seeking new energy potential or by developing existing technologies. Apart from the increasing need for electrical energy, efforts are made to supply the needs of electrical energy by utilizing the potential and conditions that exist in certain areas. Water energy has been widely utilized and used for power generation. The potential of water as an energy source can be used as a provider of electrical power. One of the uses of water energy is to make hydroelectric power plants. The purpose of this study is to design a portable water turbine design and find out the results of the calculation of the analysis of electrical power produced. The research method used is the analysis of water turbine design using the SolidWorks application to be able to find out the shape of the turbine that has simple, portable properties and can be carried anywhere. The size that meets the desired criteria is 10 cm for diameter and 4 cm for height. After designing the turbine design, then the calculation and analysis of the power released by the water turbine is carried out. The data needed to perform the calculation are water discharge $1.48 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, head $6 \times 10^{-2} \text{ m}$, water density 1000 kg/m^3 , gravity acceleration 9.81 m/s^2 , turbine efficiency 12.6%. Using the turbine power formula, the turbine power with a water discharge value of $1.48 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ is 11 Watts. Then the 2nd calculation was carried out with the value of the water discharge used of $9.6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ and turbine efficiency of 24.9%. After calculation, the turbine power value of 14 Watts was obtained.

Keywords: electric power, designing, pico hydro, low current

Abstrak

Seiring berjalannya waktu konsumsi energi listrik yang dibutuhkan di Indonesia semakin besar. Berbagai upaya terus dilakukan baik mencari potensi energi yang baru atau dengan mengembangkan teknologi yang sudah ada. Dengan kebutuhan energi listrik yang terus meningkat, maka dilakukanlah upaya untuk menyuplai kebutuhan energi listrik dengan memanfaatkan potensi dan kondisi yang ada pada daerah tertentu. Energi air sudah dimanfaatkan secara luas dan digunakan untuk pembangkit listrik. Potensi air sebagai sumber energi dapat digunakan sebagai penyedia daya listrik. Salah satu pemanfaatan energi air adalah dengan membuat pembangkit listrik tenaga air piko hidro. Tujuan penelitian ini untuk merancang turbin air yang *portable* dan mengetahui hasil perhitungan analisis daya listrik yang dihasilkan. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis perancangan desain turbin air menggunakan aplikasi SolidWorks untuk dapat mengetahui bentuk dari turbin yang memiliki sifat sederhana, portable dan dapat dibawa kemana saja. Ukuran yang memenuhi kriteria yang diinginkan yaitu 10 cm untuk diameter serta 4 cm untuk tingginya. Setelah melakukan perancangan desain turbin, selanjutnya dilakukan perhitungan dan analisis daya yang dikeluarkan oleh turbin air. Data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan adalah debit air $1,48 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, head $6 \times 10^{-2} \text{ m}$, massa jenis air 1000 kg/m^3 , percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$, efisiensi turbin 12,6%. Dengan menggunakan rumus daya turbin, maka daya turbin dengan nilai debit air $1,48 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ adalah 11 Watt. Lalu dilakukan perhitungan ke-2 dengan nilai debit air yang digunakan sebesar $9,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dan efisiensi turbin sebesar 24,9%. Setelah dilakukan perhitungan, didapatlah nilai daya turbin sebesar 14 Watt.

Kata kunci: daya listrik, perancangan, piko hidro, arus rendah

1. Pendahuluan

Konsumsi energi listrik semakin hari semakin besar kebutuhannya di Indonesia. Pada tahun 2023, PLN menyebutkan bahwa konsumsi listrik naik 6% [1]. Sebagian besar listrik yang digunakan berasal dari PLTU yang tersebar, namun cenderung tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu perlu sumber daya energi lain untuk menggantikan agar lingkungan menjadi bersih. Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan adalah sumber energi air.

Jika suatu daerah memiliki potensi dengan ketinggian air yang cukup tinggi pada suatu sungai, maka daerah tersebut dibangun pembangkit listrik dengan kapasitas luaran daya listrik sesuai potensi air yang tersedia. Maka dari itu, tentu terjadi banyaknya kasus mengenai pemakaian kurang efisien dikarenakan sumber daya yang cukup murah [2].

Sumber energi air digunakan untuk menghasilkan energi listrik baik dengan membangun turbin air bahkan sampai skala piko hidro. Energi kinetik aliran air yang berasal dari gravitasi energi potensial dimanfaatkan sebagai penggerak turbin atau kincir [3].

Turbin air sebagai salah satu alternative pengganti tenaga uap untuk menghasilkan energi listrik. Kebutuhan energi listrik setiap tahunnya terus bertambah sebesar 4,6% dan pada tahun 2030 diperkirakan akan bertambah kebutuhannya sampai tiga kali lipat [4]. Salah satu jenis turbin air adalah Turbin Darrieus yang memiliki turbin sumbu vertikal. Model turbin ini dengan tiga buah *blade* memiliki efisiensi maksimum sekitar 30% pada TSR 1,74 [5].

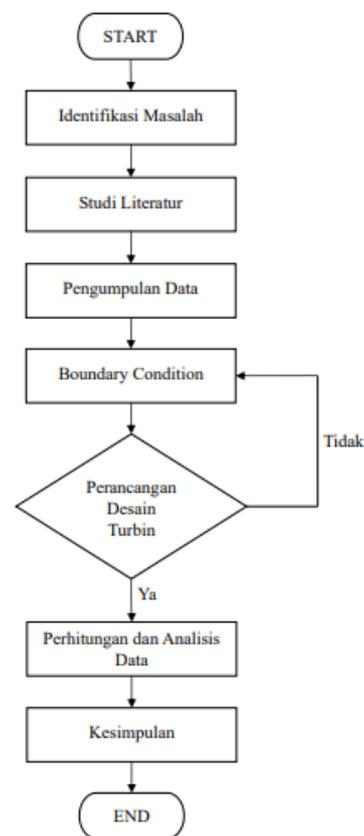
Sudah menjadi hal lumrah pada masa kini manusia tidak lepas dari gawai. Bahkan warga Indonesia menjadi peringkat satu dunia yang telah kecanduan oleh gawai yang terkoneksi internet [6]. Namun tentunya gawai memerlukan daya listrik saat pengisian ulang agar tetap dapat digunakan. Selain gawai, *hiking* menjadi salah satu alternatif untuk melepas penat. Pengalaman menyusuri alam terbuka tentunya diperlukan sebagai sarana rekreasi, namun manusia tetap memerlukan gawai. Kendala yang muncul kemudian adalah bagaimana agar baterai gawai tetap dapat diisi ulang saat sedang melakukan *hiking*. *Power bank* menjadi salah satu alternatif, namun tetap dapat habis pula dayanya. Maka dari itu diperlukan suatu alat yang dapat menghasilkan daya listrik dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia. Pengembangan teknologi pembangkit listrik yang dapat dibawa kemana saja menjadi alternatif lain yang dapat digunakan. Air dapat ditemukan di sungai, selokan, saat banjir, air terjun, serta dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya penggerak sudu turbin.

Melihat permasalahan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang turbin air yang *portable*.

Selain itu dianalisis pula berapa daya yang dapat dikeluarkan oleh turbin air *portable* tersebut. Menurut penelitian Zaira, hasil perancangan dari turbin *screw* didapatkan spesifikasi panjang turbin 1.140,5 mm dengan diameter dalam 225 mm, diameter luar 419,4 mm. Turbin *screw* ini dapat menghasilkan daya sebesar 46,70 W dan efisiensi mekanik turbin sebesar 49,16% [7].

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan analisis perancangan. Perancangan konstruksi turbin menggunakan aplikasi *SolidWorks*. Analisis aliran debit air yang melewati turbin air terhadap variasi ukuran debit air menggunakan perhitungan daya turbin. Langkah penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data-data pendukung yang diperlukan saat tahap pengolahan dan perhitungan daya turbin. Data-data yang diperlukan adalah debit air, *head*, massa jenis air, percepatan gravitasi, efisiensi turbin.

Karena penelitian ini tidak melakukan eksperimen, maka data-data yang diperlukan didapat dari hasil

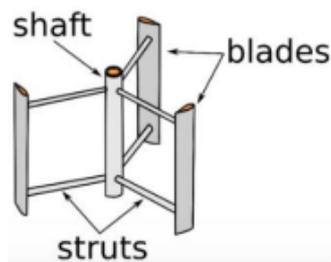
studi literatur. Hasil eksperimen seperti pada Tabel 1 yang dilakukan oleh Putra menyatakan bahwa didapatkan debit air sebesar $8,9 \text{ L/min} = 1,48 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dan efisiensi 12,6%. Sedangkan untuk debit sebesar $5,8 \text{ L/min} = 9,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ didapatkan efisiensi sebesar 24,6% [8]. Mengacu pada hasil penelitian tersebut, maka penelitian ini menggunakan nilai *head* sebesar $6 \times 10^{-2} \text{ m}$.

Tabel 1. Data Perhitungan

Keterangan	Simbol	Satuan	Nilai
Daya Turbin	P	Watt	
Debit Air	Q	m^3/s	$1,48 \times 10^{-5}$ $9,6 \times 10^{-5}$
Head	H	m	6×10^{-2}
Massa Jenis Air	ρ	kg/m^3	1000
Percepatan Gravitasi	g	m/s^2	9,81
Efisiensi Turbin	η	%	12,6 24,6

2.2. Perancangan Turbin Air

Perancangan turbin air menggunakan aplikasi *SolidWorks*. Pada penelitian ini menggunakan tipe Turbin Darrieus. Turbin ini menghasilkan gaya angkat melalui penggunaan foil dari sudu turbin. Turbin Darrieus mengalami perubahan aliran relatif dan rotasi foil. Sudut serang yang kecil memiliki gaya tangensial yang berubah, hal ini dihasilkan oleh foil dengan gaya angkat yang kecil [9].



Gambar 2 Sudu Turbin Darrieus
Sumber: Krzysztof Rogowski, 2019

Perancangan sudu turbin pada penelitian ini menggunakan tiga buah sudu turbin jenis Darrieus. Turbin Darrieus dengan tiga sudu dan sudut serang 0° dengan kecepatan aliran $1,07 \text{ m/s}$ memiliki nilai koefisien daya (C_p) paling optimal [8]. Untuk material sudu, menggunakan material plastic. Daya turbin dengan sudu aluminium adalah $1,2 \text{ watt}$, daya sebesar $1,16 \text{ Watt}$ untuk sudu plastik dan daya turbin terendah dengan turbin yang menggunakan sudu turbin besi yaitu $1,0997 \text{ Watt}$ [9].

2.3. Perhitungan dan Analisis Data

Daya turbin yang dihasilkan oleh turbin air menggunakan persamaan 1 [10]:

$$P = Q \times H \times \rho \times g \times \eta \quad (1)$$

P adalah daya turbin (*Watt*), Q adalah debit air (m^3/s), H adalah perbedaan tinggi antara permukaan air masuk dan keluar dari turbin (m), ρ adalah massa jenis air (kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), η adalah efisiensi turbin (%).

Debit air merupakan jumlah air yang mengalir di dalam turbin per satuan waktu. Menghitung debit air menggunakan persamaan 2:

$$Q = A \times V \quad (2)$$

Q adalah debit air (m^3/s), A adalah luas penampang saluran air (m^2), V adalah kecepatan air (m/s).

Jika luas penampang saluran air tidak diketahui, maka dapat menggunakan persamaan 3 berikut:

$$A = b \times h \quad (3)$$

A adalah luas penampang saluran air (m^2), b adalah lebar saluran air (m), h adalah ketinggian air (m).

Persamaan 4 berikut dapat digunakan untuk menghitung kecepatan air:

$$V = (2 \times g \times h)^{1/2} \quad (4)$$

V adalah kecepatan air (m/s), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), h adalah ketinggian air (m).

Untuk menghitung *head* itu sendiri dapat menggunakan persamaan 5.

$$H = h_1 - h_2 \quad (5)$$

H adalah perbedaan tinggi antara permukaan air masuk dan keluar dari turbin (m), h_1 adalah ketinggian air di atas turbin (m), h_2 adalah ketinggian air di bawah turbin (m).

Efisiensi turbin adalah rasio antara daya *output* turbin dengan daya *input* turbin. Persamaan 6 berikut digunakan untuk menghitung efisiensi turbin.

$$\eta = P_{out} / P_{in} \quad (6)$$

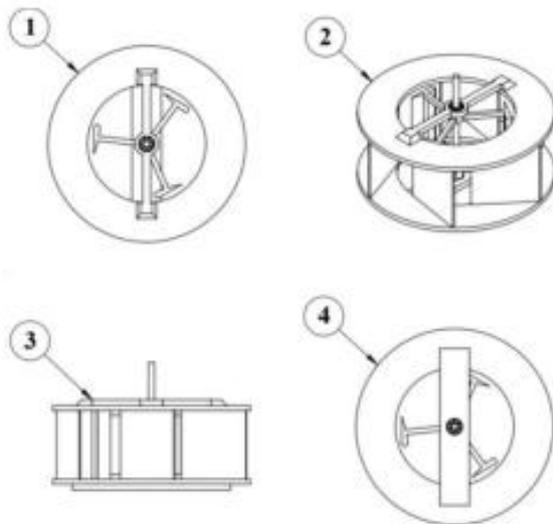
η merupakan efisiensi turbin, P_{out} adalah daya keluaran turbin (kW), P_{in} adalah daya masukan turbin (kW).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil perancangan Turbin Air

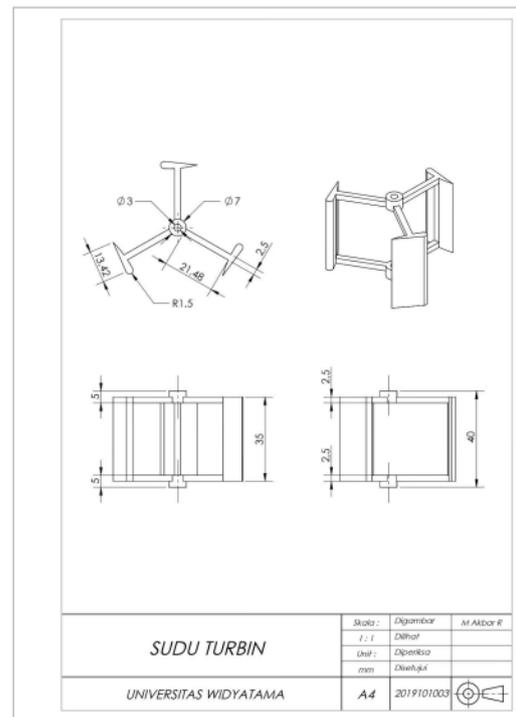
Hasil perancangan diperoleh dari proses pengumpulan data dan turbin terbagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut:

Assembling Turbin Air

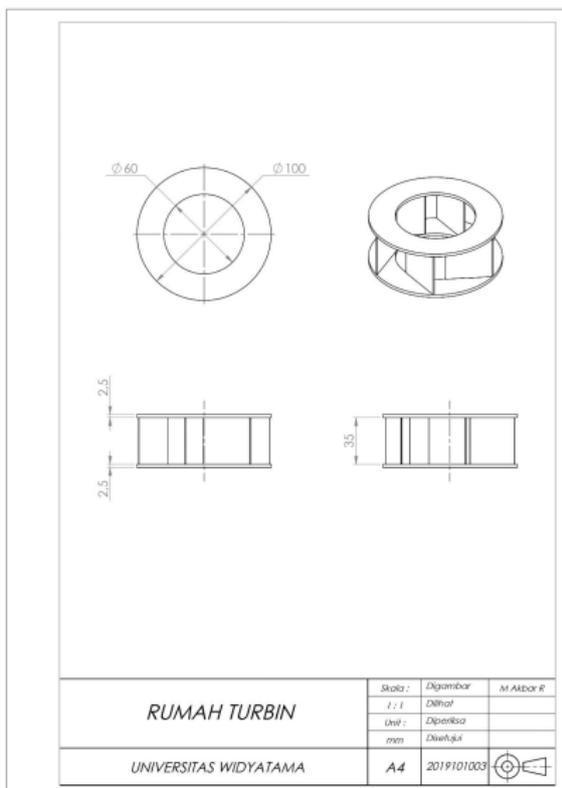


Gambar 3. Assembling Turbin Air

Gambar 4 (1) merupakan pandangan turbin bagian atas, 4 (2) merupakan auxiliary view turbin, 4 (3) merupakan pandangan turbin bagian depan dan 4 (4) merupakan pandangan turbin bagian samping.

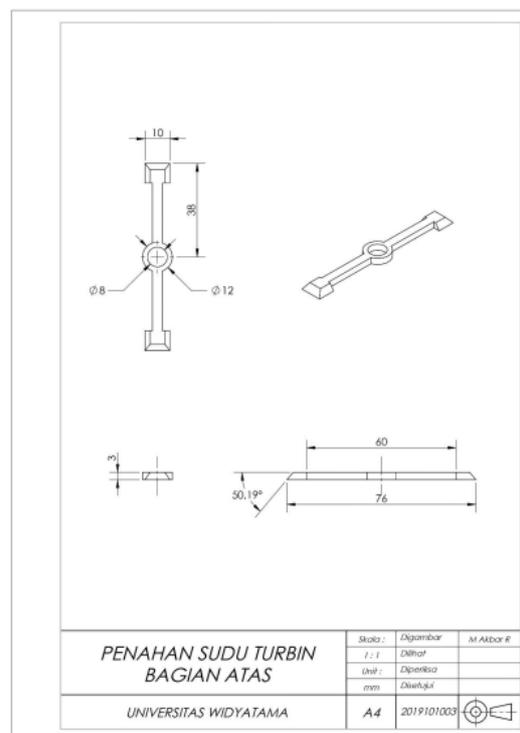


Gambar 5. Desain Sudu Turbin

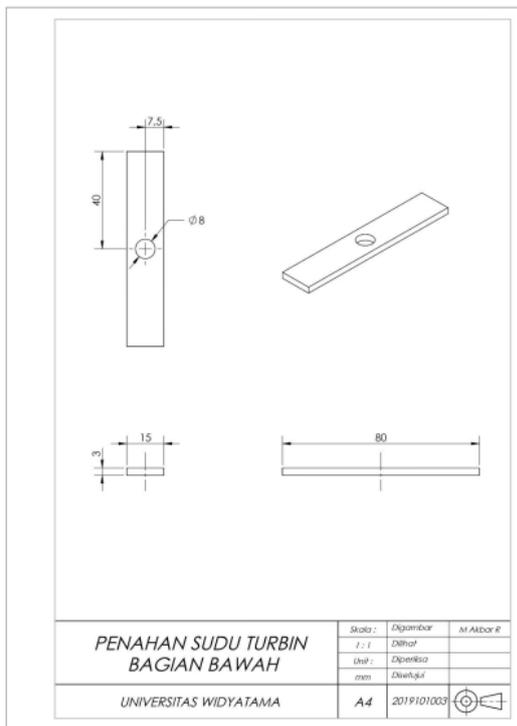


Gambar 4. Desain Rumah Turbin

Rumah turbin adalah bagian dari stator yang memiliki fungsi sebagai rumah dari kedudukan komponen-komponen turbin lainnya. Selain itu, rumah turbin mengatur aliran air agar dapat masuk ke dalam rumah turbin, sehingga sudu turbin dapat berputar. Desain rumah turbin dapat dilihat pada Gambar 5.

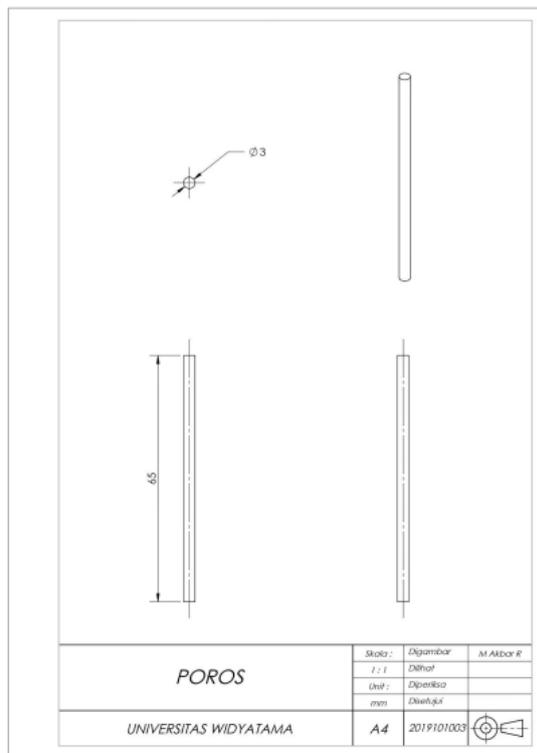


Gambar 6 Desain Penahan Sudu Turbin Bagian Atas



Gambar 7. Desain Penahan Sudu Turbin Bagian Bawah

Sudu turbin adalah bagian dari rotor yang berfungsi untuk memberi gaya putar yang berasal dari aliran air. Desain turbin air dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 8. Desain Poros Turbin

Agar menjadi kesatuan turbin yang *compact*, maka diperlukan penahan sudu turbin bagian atas dan

bagian bawah. Untuk penahan sudu turbin bagian atas merupakan bagian stator yang berfungsi untuk menahan sudu dan juga sebagaiudukan *ball bearing* bagian atas. Penahan sudu turbin bagian bawah juga merupakan bagian dari stator yang memiliki fungsi untuk menahan sudu dan kedudukan *ball bearing* bagian bawah. Desain penahan sudu turbin bagian atas dapat dilihat pada Gambar 7. Desain penahan sudu turbin bagian bawah dapat dilihat pada Gambar 8.

3.2. Analisis Daya Turbin

Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan daya turbin dengan menggunakan dua variasi ukuran debit air. Variasi pertama yaitu nilai debit air sebesar $1,48 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Variasi nilai debit air kedua yaitu sebesar $9,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Maka dari itu, untuk penelitian ini akan dilakukan dua perhitungan daya turbin dengan masing-masing variasi debit air. Perhitungan kedua daya turbin ini menggunakan persamaan yang sama.

Pada variasi nilai debit air ke-1, perhitungan daya turbin yang dihasilkan dengan data nilai debit air $1,48 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dan efisiensi sebesar 12,6% dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Keterangan	Nilai
Debit Air	$1,48 \times 10^{-5}$
Head	6×10^{-2}
Massa Jenis Air	1000
Percepatan Gravitasi	9,81
Efisiensi Turbin	12,6

Dengan menggunakan persamaan (1), maka daya turbin yang dihasilkan adalah 11 Watt.

Pada perhitungan ke-2, perhitungan daya turbin yang dihasilkan dengan data nilai debit air $9,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dan efisiensi sebesar 24,6% seperti dituliskan pada Tabel 3 berikut:

Keterangan	Nilai
Debit Air	$9,6 \times 10^{-5}$
Head	6×10^{-2}
Massa Jenis Air	1000
Percepatan Gravitasi	9,81
Efisiensi Turbin	24,6

Dengan menggunakan persamaan (1), maka daya turbin yang dihasilkan adalah 14 Watt. Berdasarkan penelitian Putra, debit air yang dihasilkan berasal dari eksperimen yang menggunakan daya turbin sebesar 10 Watt [2]. Semakin tinggi efisiensi dan debit air, maka daya turbin yang dihasilkan semakin besar pula.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah, untuk perancangan yang dihasilkan memiliki diameter 10 cm dan tinggi 4 cm. Sudu turbin menggunakan tipe Turbin Darrieus. Tinggi sudu turbin adalah 4 cm.

Hasil perhitungan dan analisis daya yang dihasilkan oleh turbin air adalah: untuk perhitungan ke-1, dengan nilai debit air $1,48 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dan efisiensi sebesar 12,6% memiliki daya listrik sebesar 11 Watt. Untuk perhitungan ke-2, dengan data nilai debit air $9,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dan efisiensi sebesar 24,6% memiliki daya listrik sebesar 14 Watt.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dana hibah penelitian yang diberikan oleh Lembaga Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat dan Modal Intelektual (LP2M) Universitas Widyatama.

Daftar Rujukan

- [1] Setiawan, V. N. (2023, Juni 21). *CNBC Indonesia*. Retrieved September 11, 2023, from *CNBC Indonesia.com*: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20230621141815-4-447981/lebih-tinggi-pln-ramal-konsumsi-listrik-di-2023-melejit-6>
- [2] Putra, A. (n.d.). *berotak*. Retrieved Maret 6, 2023, from <https://www.berotak.com/rumus-daya-turbin/>
- [3] Yulianto, R. (2020). Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Sudu dan Sudut Serang Terhadap Kinerja Turbin Air Darrieus". *Saintekno*,
- [4] B., & K. (2005). *Modifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan Menggunakan Turbin Pelton*. Semarang: Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- [5] Cesar, A., & Kurniawan, I. (2020). Kaji Eksperimental Turbin Air Darrieus Tipe-H Menggunakan Blade Hydrofoil Standar NACA 0018. *FTEKNIK*, 1.
- [6] Dewi, I. R. (2023, Januari 12). *CNBC Indonesia*. Retrieved September 11, 2023, from *CNBC Indonesia.com*: <https://www.cnbcindonesia.com/tech/20230112172038-37-405066/warga-ri-sudah-candu-parah-nomor-satu-di-dunia>
- [7] Zaira, J., & Naibaho, O. (2023). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Pikohidro Menggunakan Turbin Screw Pada Aliran Danau PCR. *Jurnal Teknik Mesin*, 16(1), 1-8.
- [8] Duma, G., & Sule, L. (2022). Analisis Kinerja Turbin Air Arus Bawah Bentuk Sudu Bengkok 45o dengan Varias Material. *Dinamika Teknik Mesin*, 111-121.
- [9] Yuinarso, R. (2012). Analisa Perancangan Turbin Darrieus pada *Hydrofoil* Naca 0015 dari Karakteristik Cl dan Cd pada
- [10] H.S., & Rohermanto, A. (2006). *Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini sebagai Media Simulasi/Praktikum Mata Kuliah dan Konversi Energi dan Mekanik Fluida*. Pontianak: Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak.