

UJI KARAKTERISTIK TURBIN DARRIEUS PADA *HYDROFOIL* NACA 0021 DENGAN MEMANFAATKAN ARUS AIR DI COKRO TULUNG

*Achmad Adiarso¹, Sudargana²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: achmadadiarso@gmail.com

Abstrak

Melihat potensi air yang besar dan termasuk energy yang terbaharukan maka penulis mencoba mengembangkan potensi yang ada di sungai-sungai yang ada di Indonesia. Karena semakin berkembangnya turbin-turbin air yang dalam penginstalasiannya tidak memerlukan bendungan. Selain tidak memerlukan bendungan turbin-turbin tersebut mempunyai efisiensi yang tinggi dibandingkan turbin-turbin yang sudah ada sebelumnya. Dalam hal ini salah satu energi yang digunakan adalah energi arus air. Dengan potensi air yang cukup deras, sumber mata air Cokro Tulung memiliki potensi untuk pembangkit listrik. Tugas Akhir ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik Turbin Darrieus 3 sudu dengan profil sudu NACA 0021 untuk mengetahui nilai torsi, daya, dan efisiensi turbin. Karakteristik dari Turbin Darrieus ini adalah diameter 0,72 m, dan tinggi 1,35 m. Hasil perancangan akan menunjukkan hasil perhitungan berupa nilai torsi, daya, dan efisiensi turbin dari 5 variasi kecepatan aliran. Dimana nilai tertinggi didapat pada Torsi $4,66 \times 10^{-6}$ Nm, Daya $2,40 \times 10^{-5}$ Watt, dan Efisiensi terbaik pada $5,859 \times 10^{-6}$ %.

Kata kunci: Daya, Efisiensi, *Hydrofoil*, NACA 0012, Turbin Darrieus, Torsi

Abstract

Seeing the potential for large water and renewable energy, including writer tries to develop the potential in rivers in Indonesia. Due to the growing development of water turbines in its installation does not require a dam. In addition to not requiring the dam turbines have a higher efficiency than the turbines that already exists. In this case one of the energy used is the energy of the water flow. With considerable potential for heavy water, spring water has the potential to Clark Tulung power plants. The final project was to determine the characteristics of Darrieus turbine with 3 blades NACA 0021 blade profile to determine the value of torque, power, and efficiency of the turbine. Characteristics of Darrieus turbine diameter is 0,72 m, and height of 1,35 m. Design results will show the results of calculation of the value of torque, power, and efficiency of the turbine flow velocity variations 5. Where the highest value obtained on Torque $4,66 \times 10^{-6}$ Nm, Power $2,40 \times 10^{-5}$ Watt, and the best efficiency at $5,859 \times 10^{-6}$ %.

Keywords: *Darrieus Turbine, Efficiency, Hydrofoil, NACA 0012, Power, Torque.*

1. PENDAHULUAN

Melihat potensi air yang besar dan termasuk energi yang terbaharukan maka penulis mencoba mengembangkan potensi yang ada di sungai-sungai yang ada di Indonesia. Karena semakin berkembangnya turbin-turbin air yang dalam penginstalasiannya tidak memerlukan bendungan. Selain tidak memerlukan bendungan turbin-turbin tersebut mempunyai efisiensi yang tinggi dibandingkan turbin-turbin yang sudah ada sebelumnya. Dalam hal ini salah satu energi yang digunakan adalah energi arus air. Dengan potensi air yang cukup deras, sumber mata air Cokro Tulung memiliki potensi untuk pembangkit listrik.

Saat ini pembangunan turbin air masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Contoh: PLTD, PLTU, dll), namun turbin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak dapat diperbaharui (Contoh: batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik[1].

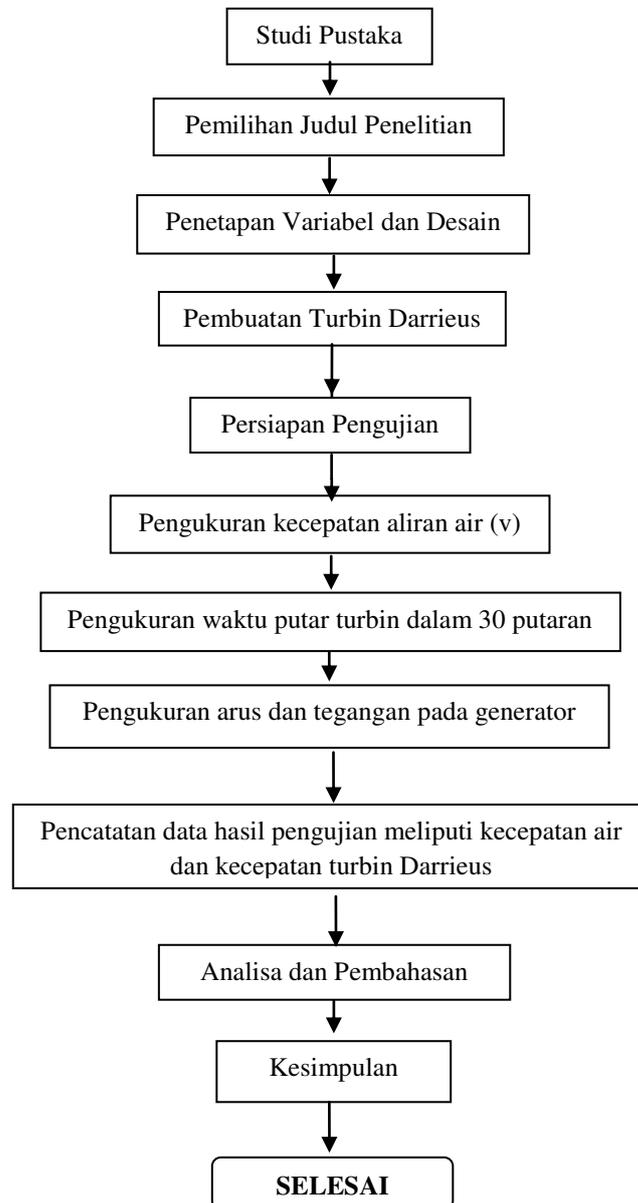
Banyak jenis turbin air yang dikembangkan, penulis mencoba dengan Turbin Darrieus dimana merupakan jenis turbin air *vertical-axis hydro turbine* dengan sudut NACA 0021. Pemanfaatan energi arus itu dapat dilakukan dengan pemakaian sumber pembangkit listrik tenaga arus air berupa turbin arus air yang akan mengkonversi energi kinetik arus air menjadi energi listrik yang prinsip kerjanya persis sama dengan turbin angin. Keunggulan dari turbin

jenis ini adalah dapat menerima arus dari arah mana tanpa merubah arah putaran dengan kecepatan yang konstan. Dengan demikian kita tidak memerlukan sebuah bendungan, karena turbin tersebut memerlukan debit dan kecepatan arus air saja[2].

Adapun tujuan yang ingin diperoleh penulis dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi energi pada saluran mata air Cokro Tulung untuk mendapatkan *efisiensi*, *power*, dan *torsi* Turbin Darrieus 3 sudu dengan *hydrofoil* NACA 0021.

2. METODOLOGI

Urutan langkah-langkah pengujian turbin Darrieus mengacu pada diagram dibawah ini:



Gambar 2. Diagram alir penelitian lanjutan

Berikut ini merupakan penjelasan dari diagram alir pengujian pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 di atas:

a) Studi pustaka

Mempelajari teori tentang parameter desain dan prinsip kerja dari turbin air Darrieus, serta mempelajari tentang teori mekanika fluida dan gerak rotasi yang akan digunakan dalam pengujian.

b) Pemilihan judul penelitian

Penentuan judul dilakukan untuk menemukan suatu masalah serta menentukan topik dan materi apa yang akan dibahas dalam penelitian ini.

c) Penetapan variable

Menentukan variabel-variabel apasaja yang digunakan dan juga batasan-batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini.

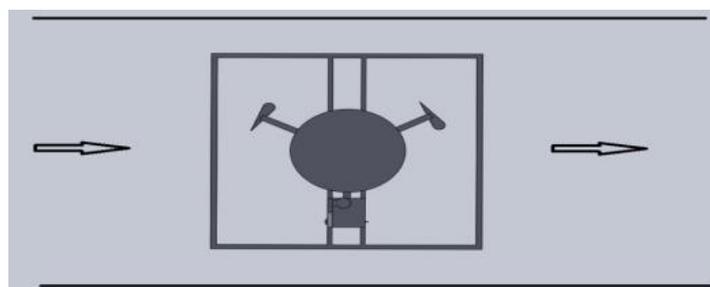
- d) Pembuatan turbin Darrieus
 Meliputi proses-proses yang dilakukan dalam pembuatan turbin air Darrieus yang nantinya akan dilakukan pengujian dalam penelitian ini, yaitu meliputi desain hingga pembuatan model.
- e) Persiapan pengujian
 Persiapan yang dilakukan sebelum pengujian dimulai antarlain membawa turbin ketempat pengujian kemudian memasang turbin Darrieus pada saluran pengujian.
- f) Pengujian turbin Darrieus
 Turbin Darrieus dimasukkan kedalam saluran air. Data yang diambil meliputi waktu dan putaran dari turbin, kecepatan aliran, daya dan tegangan, serta kedalaman lebar saluran air.
- g) Pencatatan data hasil pengujian
 Mencatat data-data yang diperlukan antara lain kecepatan aliran air, kedalaman sungai dan lebar sungai, perubahan waktu putaran tiap 30 putaran turbin diukur menggunakan stopwatch, perubahan daya dan tegangan listrik pada dinamo yang diukur dengan multimeter analog.
- h) Analisa dan pembahasan
 Melakukan analisa data yang diperoleh saat pengujian, untuk mengetahui daya, torsi, dan efisiensi dari turbin.
- i) Kesimpulan
 Mengambil kesimpulan dari pengujian turbin Darrieus 3 sudu dengan hydrofoil NACA 0021.

Penelitian menggunakan Turbin air yang diuji adalah Turbin Darrieus 3 sudu dengan *hydrofoil* NACA 0021 dengan bahan plat baja dengan tebal 2 mm. Turbin memiliki ukuran diameter 0.72 m, *chord* 0.26 m, dan tinggi turbin 1.35 m.



Gambar 3. Model turbin Darrieus 3 sudu dengan *hydrofoil* NACA 0021[3].

Gambar 4. menunjukkan skema pengujian Turbin Darrieus, di mana pengujian dilakukan di dalam saluran pengujian yang merupakan saluran terbuka.



Gambar 4. Skema Pengujian.

Prosedur yang dilakukan dalam pengujian turbin Darrieus ini antara lain:

- a. Menyiapkan peralatan berupa alat ukur serta turbin yang akan di uji.
- b. Memasang turbin Darrieus pada saluran uji.

- c. Mengukur waktu yang dibutuhkan untuk 30 kali putaran turbin dengan menggunakan *stopwatch*.
- d. Mengukur kecepatan aliran air, dengan cara menghanyutkan daun dari titik awal sampai titik akhir aliran (sepanjang 5 m), kemudian waktu aliran daun tersebut di ukur dengan menggunakan *stopwatch*. Panjang saluran untuk menentukan kecepatan aliran di ukur dengan menggunakan meteran (sepanjang 5m).
- e. Memberikan gaya pembebanan pada turbin dengan dinamo yang dihubungkan ke roda poros (puli) turbin.
- f. Mengukur tegangan yang dihasilkan dinamo dengan menggunakan multimeter. Cara mengukurnya adalah atur selektor pada posisi ACV dan atur skala batas ukur pada posisi tertinggi. Hubungkan atau tempelkan probe multimeter ke titik tegangan yang akan di ukur. Kemudian baca hasil ukur pada multimeter.
- g. Mengukur kuat arus yang dihasilkan dinamo dengan menggunakan multimeter. Cara mengukurnya adalah atur selektor pada posisi DCA dan atur skala batas ukur pada posisi tertinggi. Pemasangan probe multimeter tidak sama dengan saat pengukuran tegangan DC dan AC. Karena mengukur arus berarti kita memutus salah satu hubungan catu daya ke beban yang akan di ukur arusnya, lalu menjadikan multimeter sebagai penghubung. Hubungkan probe multimeter merah pada output tegangan (+) catu daya dan probe (-) pada input tegangan dari beban yang akan di ukur. Baca hasil ukur pada multimeter.
- h. Mengulangi langkah nomor 3-7 sebanyak 5 kali untuk memperoleh data yang lebih spesifik.
- i. Mengangkat turbin dari saluran air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di bawah ini merupakan hasil dari pengujian Turbin Darrieus pada Hydrofoil NACA 0021

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kecepatan sudut

No.	Jumlah Putaran Turbin (rpm)	waktu putaran (menit)	Kecepatan Putar (rpm)	Kecepatan sudut ω (rad/s)
1	30	0.610	49.153	5.145
2	30	0.609	49.234	5.153
3	30	0.611	49.100	5.139
4	30	0.605	49.628	5.194
5	30	0.606	49.519	5.183
Rata-rata	30	0.608	49.326	5.163

Tabel 2. Hasil Perhitungan Power Turbin

No.	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Power Turbin Pt (Watt)
1	3	8.00E-06	2.40E-05
2	2.68	7.86E-06	2.11E-05
3	2.62	7.80E-06	2.04E-05
4	2.89	7.90E-06	2.28E-05
5	2.78	7.88E-06	2.19E-05

Tabel 3. Hasil Perhitungan Torsi Turbin

No.	Kecepatan sudut ω (rad/s)	Power Turbin Pt (Watt)	Torsi (Nm)
1	5.145	2.40E-05	4.66E-06
2	5.153	2.11E-05	4.09E-06
3	5.139	2.04E-05	3.98E-06
4	5.194	2.28E-05	4.40E-06
5	5.183	2.19E-05	4.23E-06

Tabel 4. Hasil Perhitungan Daya Hidrolis

No.	Panjang Aliran (m)	Waktu Aliran (s)	v sungai (m/s)	Daya Hidrolis Ph
1	5	5.29	0.945	409.635
2	5	5.46	0.916	372.551
3	5	5.35	0.935	396.007
4	5	5.36	0.933	393.794
5	5	5.39	0.928	387.255

Tabel 5. Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin

No.	Power Output Pt (Watt)	Daya Hidrolis Ph	Efisiensi Turbin (η)
1	2.40E-05	409.635	5.86E-10
2	2.11E-05	372.551	5.65E-10
3	2.04E-05	396.007	5.16E-10
4	2.28E-05	393.794	5.80E-10
5	2.19E-05	387.255	5.66E-10

Hasil pengukuran yang dilakukan di Cokro Tulung selama 1 hari diketahui bahwa besarnya jumlah putaran turbin yang di peroleh berkisar antara 49,100 m/s s/d 49,628 m/s dengan kecepatan air yang di peroleh berkisar antara 0,931 m/s. Data yang dicatat sebanyak 5 ukuran kecepatan yang berbeda-beda.

Dalam Tabel 4 didapatkan kecepatan air minimum sebesar 0,916 m/s sedangkan kecepatan air maksimum sebesar 0,945 m/s diantara beberapa kecepatan air yang diperoleh selama pengambilan data berlangsung.

Dari Tabel 1 kita dapat mencari kecepatan sudut pada turbin Darrieus. Dengan contoh pada jumlah putaran 49,100 rpm maka akan di dapat kecepatan sudut 5,139 rad/s dan pada putaran 49,628 rpm akan di dapat kecepatan sudut 5,197 rad/s. Ini membuktikan bahwa kecepatan sudut semakin tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah putarannya, semakin tinggi jumlah putaran turbin itu sendiri maka semakin tinggi juga kecepatan sudutnya.

Power turbin didapat dari perkalian antara tegangan dan arus (Tabel 2). Sebagai contoh pada tegangan 3 volt dan arus $8,00(10)^{-6}$ ampere maka diperoleh power turbin $2,40(10)^{-5}$ watt. Pada tegangan 2,62 volt dan arus $7,80(10)^{-6}$ ampere maka diperoleh power turbin $2,04(10)^{-5}$ watt. Ini membuktikan bahwa semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator maka power turbin semakin besar. Semakin rendah tegangan dan arus yang dihasilkan generator power turbinpun semakin rendah.

Selanjutnya setelah mendapatkan kecepatan sudut kita mencari torsi dari turbin. Pada Tabel 3 dapat di lihat hasil torsi dari turbin. Dari hasil perhitungan kecepatan sudut dan power turbin didapat torsi turbin. Dan dari Table 3 diperoleh kesimpulan, semakin rendah kecepatan sudut dan power turbin maka torsi yg dihasilkan juga rendah, tetapi apabila kecepatan sudut dan power turbin semakin tinggi maka torsi yang dihasilkan juga tinggi.

Untuk mencari efisiensi turbin kita akan menghitung power dan daya hidrolis dari turbin. Kemudian kita menganalisa efisiensi turbin yang datanya diperoleh dari Tabel 2 dan Tabel 4. Dari hasil perhitungan tersebut turbin memiliki efisiensi sebesar $5,16(10)^{-10}$ sampai $5,86(10)^{-10}$.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan yang telah dilakukan pada turbin Darrieus 3 sudu dengan spesifikasi profil sudu NACA 0021, diameter 0.72 m, tinggi sudu 1.35 m, dan panjang chord 0.26 m dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Nilai daya turbin tertinggi didapat pada tegangan 3 volt dan arus 8×10^{-6} ampere sebesar $2,40 \times 10^{-5}$ Watt.
- 2) Nilai torsi turbin tertinggi didapat pada kecepatan sudut (ω) 5.145 rad/s dan power turbin (Pt) $2,40 \times 10^{-5}$ Watt sebesar $4,66 \times 10^{-6}$ Nm.
- 3) Nilai daya hidrolis tertinggi sebesar 409.635 Watt yang didapat pada kecepatan aliran air 0.945 m/s.
- 4) Mencapai nilai efisiensi terbaik sebesar $5,86 \times 10^{-10}$ %.

5. REFERENSI

- [1] http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/dasar_fisika_energi/bab4_energi_air.pdf
- [2] Munson, Bruce R, Donald F Young, and Theodore H. Okiishi. 2002. "Fundamental of Fluids Mechanics 4nd edition". John Wiley & son, Inc Canada.
- [3] Gorlov, A. M. 1998. "Development of the Helical Reaction Hydrolic Turbine", MIME Department, Northeastern University, Boston.