

## Turbin Air Arus Sungai Model Sudu *Propeller* Menggunakan *Nozzel-Diffuser*

(1)\*Rendi Rendi, (1)Sobar Ihsan, (2) Syamsul Ma'arif

(1)Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Kalimantan, Jl. Adyaksa, Banjarmasin

(2)Program Studi Teknik Mesin, Universitas Proklamasi 45, Jl. Proklamasi No.1, Yogyakarta

\*Email: [rendi.teknikmesin@gmail.com](mailto:rendi.teknikmesin@gmail.com)

Diterima: 25.02.2020 Disetujui: 14.05.2020 Diterbitkan: 30.05.2020

### ABSTRACT

The application of river flow water turbines as energy sources often experiences obstacles such as the changing speed of river water flow and low turbine efficiency. This obstacle can be overcome by creating an effective and efficient river flow turbine. One way to overcome these obstacles is to add a propeller and diffuser on the turbine. This study aims to determine the value of turbine efficiency from the results of field experiments using a prototype of a river flow water turbine with a propeller blade model and to use a nozzle-diffuser. The method used is to design a river flow water turbine with propeller and diffuser, then prototype testing is carried out in the Amandit River. Data generated from field testing were analyzed to determine the value of turbine efficiency. The test results show that the prototype of a river current water turbine using a nozzle-diffuser can work well at water speeds of 0.5 m/s to 1.1 m/s. The higher the speed of the water, the higher the turbine rotation speed, the higher the torque value, and the higher the turbine power. At a water velocity of 0.5 m/s, a turbine rotation speed of 58 rpm with a torque of 0.875 N.m, while at a water speed of 1.1 m/s, a turbine rotational speed of 115 rpm with a torque of 1.250 N.m. At all water speeds and turbine speed, the turbine efficiency is fixed at 44%.

Keywords: river flow water turbine, propeller, nozzle-diffuser, efficiency

### ABSTRAK

Penerapan turbin air arus sungai sebagai sumber energi sering mengalami kendala antara lain kecepatan aliran air sungai yang berubah-ubah dan efisiensi turbin yang rendah. Kendala ini bisa diatasi dengan membuat suatu turbin air arus sungai yang efektif dan efisien. Salah satu cara untuk mengatasi kendala tersebut adalah dengan menambahkan *propeller* dan *diffuser* pada turbin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi turbin dari hasil eksperimen lapangan menggunakan prototipe turbin air arus sungai dengan model sudu *propeller* dan menggunakan *nozzel-diffuser*. Metode yang digunakan adalah membuat rancangan turbin air arus sungai dengan penambahan propeller dan difuser, kemudian pengujian prototipe yang dilakukan di Sungai Amandit. Data yang dihasilkan dari pengujian lapangan dilakukan analisis untuk mengetahui besarnya nilai efisiensi turbin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe turbin air arus sungai menggunakan *nozzel-diffuser* mampu bekerja dengan baik pada kecepatan air 0,5 m/s sampai dengan 1,1 m/s. Semakin tinggi kecepatan air, maka semakin tinggi kecepatan putaran turbin, semakin tinggi nilai torsi, dan semakin tinggi daya turbin. Pada kecepatan air 0,5 m/s didapatkan kecepatan putaran turbin 58 rpm dengan torsi 0,875 N.m, sedangkan pada kecepatan air 1,1 m/s didapatkan kecepatan putaran turbin 115 rpm dengan torsi 1,250 N.m. Pada semua kecepatan air dan kecepatan putar turbin, nilai efisiensi turbin tetap yaitu 44%.

Kata Kunci: turbin air arus sungai, *propeller*, *nozzel-diffuser*, efisiensi

### I. Pendahuluan

Turbin arus sering disebut juga sebagai turbin hidrokinetik. Turbin arus sungai memiliki prinsip kerja yang berbeda pada

kebanyakan turbin seperti turbin pelton, *crossflow*, francis dan kincir air yang bekerja memanfaatkan tekanan air yang diperoleh dari energi potensial gravitasi (Pietersz, Soenoko, &

Wahyudi, 2013) (Anam, 2016). Turbin arus air hanya memanfaatkan kecepatan aliran air. Apabila dioperasikan di sungai, maka memanfaatkan kecepatan aliran sungai. Apabila dioperasikan di irigasi, maka memanfaatkan kecepatan aliran irigasi. Apabila dioperasikan di laut, maka memanfaatkan kecepatan arus laut (Sugiharto, Soeparman, Widhiyanuriyawan, & Wahyudi, 2016).

Turbin arus sungai cenderung dioperasikan di bawah air (posisi turbin terendam). Pada posisi di bawah air, maka turbin akan mendapatkan tenaga dari energi aliran air (energi kinetik) untuk memutar sirip-sirip turbin. Kemudian tenaga dari sirip-sirip turbin diteruskan ke poros untuk diubah menjadi energi mekanik. Selanjutnya, energi mekanik diubah menjadi energi listrik melalui generator.

Perkembangan turbin arus sungai mengalami berbagai kendala, diantaranya adalah kecepatan aliran air sungai yang cenderung berubah-ubah. Pada saat aliran air cepat, turbin bisa beroperasi. Sedangkan pada saat aliran air lambat, maka turbin tidak bisa beroperasi. Kendala lain adalah efisiensi turbin masih sangat rendah (Mulkan, Hantoro, & Nugroho, 2012) (Mabrouki, Driss, & Abid, 2014). Kendala-kendala ini bisa diatasi dengan menciptakan atau membuat suatu turbin arus sungai yang efektif dan efisien. Turbin harus bisa menyerap energi aliran sungai sekecil mungkin untuk diubah menjadi energi mekanik (Sahim, Santoso, & Radentan, 2013).

Pembuatan turbin arus sungai yang efektif dan efisien harus memperbaiki cara kerja dari turbin arus sungai itu sendiri. Secara umum, turbin arus sungai bekerja dengan dua sisi sudu. Sudu pertama memberikan kerja positif (bagian cekung), sedangkan sudu kedua memberikan kerja negatif (bagian cembung). Kedua sudu ini bekerja secara bersamaan. Semakin besar selisih kedua gaya ini, maka semakin besar pula kinerja turbin arus sungai (Rendi & Herlina, Penambahan Lingkaran, 2019).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk memperbaiki kinerja turbin arus sungai diantaranya adalah dengan menambahkan pelindung plat di depan sudu turbin (Iio, Katayama, Uchiyama, Sato, & Ikeda, 2011) (Kailash, Eldho, & Prabhu, 2012). Ada juga dengan menambahkan *nozzel guide vane* di depan rotor turbin untuk model turbin rotor

savonius (Rendi & Hartadi, Pengaruh Penambahan, 2018). Selain itu, ada juga dengan menambah puntiran sudu agar aliran tidak tergenang di dalam sudu (Rendi & Sidiq, Pengaruh Twist, 2018).

*Diffuser* merupakan peralatan aerodinamika dengan dimensi *inlet* lebih kecil daripada penampang *outlet* seperti pada Gambar 1. *Diffuser* yang ditambahkan pada turbin air/turbin angin dimaksudkan untuk meningkatkan performa ( $C_p$ ). Selain itu, dengan penambahan *diffuser* pada sisi *inlet*, maka aliran fluida yang melewati turbin akan lebih terarah (Hardiatama & Trifiananto, 2018).

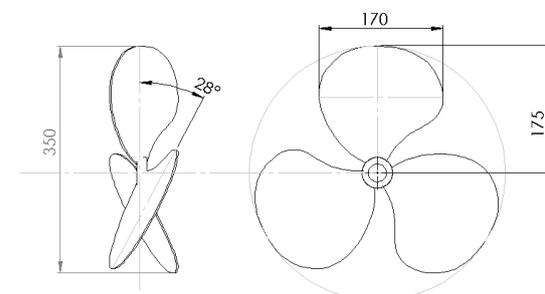
Pada penelitian sebelumnya, dengan adanya *diffuser* dapat meningkatkan tekanan aliran (Rendi & Arifin, Desain Difusser, 2019). Dengan meningkatnya tekanan aliran, maka secara otomatis aliran air yang masuk akan bertambah cepat. Sehingga, efeknya dapat meningkatkan kinerja turbin.

## II. Bahan dan Metode

### 2.1. Desain Turbin Air Arus Sungai

Sebelum dilakukan pengujian, maka tahap pertama yang dilakukan adalah mendesain turbin air aliran sungai dengan beberapa modifikasi. Modifikasi ini diharapkan bisa mengatasi kendala-kendala yang selama ini dihadapi.

Modifikasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah penggunaan sudu *propeller* pada turbin. *Propeller* adalah jenis rotor turbin yang berbentuk baling-baling, seperti terlihat pada Gambar 1. Pada umumnya rotor untuk turbin aliran sungai tidak berbentuk baling-baling.



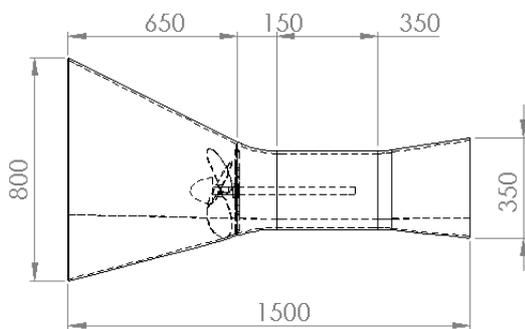
Gambar 1. Sudu *propeller* dengan profil baling-baling

Model turbin dengan rotor baling-baling dimana dalam penerapannya ditambahkan *nozzel-diffuser*, sehingga kinerja turbin akan

meningkat. Bentuk *nozzel-diffuser* seperti terlihat pada Gambar 2. Sedangkan desain keseluruhan turbin beserta letak *propeller* dan *nozzel-diffuser* dapat dilihat pada Gambar 3. Yang ditampilkan dengan model desain 2 dimensi (2D).



Gambar 2. *Nozzel-Diffuser*



Gambar 3. Desain 2D turbin arus sungai dengan sudu *propeller* dan *nozzel-diffuser*

## 2.2. Pengujian Turbin

Setelah desain turbin air arus sungai selesai, tahap selanjutnya adalah membuat prototipe turbin air arus sungai sesuai desain.



Gambar 4. Proses pengukuran kecepatan aliran air di Sungai Amandit

Setelah prototipe turbin air arus sungai model sudu *propeller* menggunakan *nozzel-diffuser* selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah menguji turbin tersebut pada kondisi yang sebenarnya. Lokasi pengujian adalah di Sungai

Amandit, Kalimantan Selatan. Berdasarkan hasil survey, Sungai Amandit memiliki kecepatan aliran air antara 0,5 m/s sampai dengan 1,1 m/s. Proses pengukuran kecepatan aliran air di Sungai Amandit, seperti terlihat pada Gambar 4.

## 2.3. Analisis Daya dan Efisiensi Turbin

Setelah prototipe dilakukan uji coba, maka tahap selanjutnya adalah pengambilan data. Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui daya turbin dan efisiensi turbin.

Beberapa rumus perhitungan yang diperlukan adalah perhitungan torsi, daya turbin, daya yang masuk, dan efisiensi turbin.

Perhitungan nilai torsi didapatkan dari hasil kali gaya yang diterima sudu dengan jari-jari pada setiap sudu yang dinyatakan sebagaimana pada Rumus 1.

$$T = F \cdot R \quad (1)$$

dimana:

$T$  : Torsi (N.m)

$F$  : Gaya (N)

$R$  : Jari-jari (m)

Besarnya daya yang dihasilkan oleh turbin merupakan energi poros yang diperoleh turbin dari energi aliran air. Daya turbin dapat dihitung dengan persamaan pada Rumus 2.

$$P_T = T \cdot \omega \quad (2)$$

dimana:

$P_T$  : Daya keluar turbin (watt)

$T$  : Torsi (N)

$\omega$  : Kecepatan sudut (rad/s)

Sedangkan untuk menghitung daya turbin, harus mengetahui kecepatan sudut turbin terlebih dahulu. Kecepatan sudut turbin diperoleh berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan. Persamaan untuk menghitung kecepatan sudut seperti pada Rumus 3.

$$\omega = \frac{2\pi}{60} n \quad (3)$$

Sebelum menghitung efisiensi turbin, terlebih dahulu mencari besarnya daya masuk ( $P_H$ ), yang dapat dihitung dengan Rumus 4. Sedangkan efisiensi turbin didapat dari besarnya daya yang keluar ( $P_T$ ) berbanding dengan daya

yang masuk ( $P_H$ ), dapat dihitung dengan Rumus 5.

$$P_H = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \quad (4)$$

$$\eta = \left( \frac{P_T}{P_H} \right) 100\% \quad (5)$$

dimana:

- $P_H$  : Daya masuk turbin (watt)
- $\rho$  : Densitas air (999 kg/m<sup>3</sup>)
- $A$  : Luas daerah yang tersapu turbin (m<sup>2</sup>)
- $v$  : Kecepatan aliran sungai (m/s)
- $\eta$  : Efisiensi turbin (%)

### III. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Prototipe Turbin Air Arus Sungai

Komponen turbin air arus sungai dengan model sudu *propeller* menggunakan *nozzel-diffuser* dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7. Pada Gambar 5 terlihat bentuk prototipe *diffuser* sebagai *nozzel* atau bisa disebut *nozzel-diffuser*. Pada Gambar 6 posisi *propeller* pada *diffuser*. Pada Gambar 7 beberapa komponen, dimana bentuk *propeller* dibuat model 3 sudu.



Gambar 5. *Nozzel-Diffuser*



Gambar 6. *Diffuser dan Propeller*



Gambar 7. *Propeller 3 Sudu*

Spesifikasi prototipe turbin ini adalah panjang 1.500 mm, diameter *diffuser inlet* 800 mm dan *outlet* 350 mm, dan diameter baling-baling (*propeller*) 350 mm.

#### 3.2. Pengujian Turbin

Pengukuran putaran turbin dan beban kerja maksimal berdasarkan variasi kecepatan aliran sungai. Pengukuran beban kerja maksimal untuk mengetahui beban maksimal yang mampu dibutar oleh baling-baling. Proses pengukuran putaran turbin dan beban maksimal yang diambil langsung di Sungai Amandit seperti terlihat pada Gambar 8. Adapun hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 8. Pengukuran beban kerja maksimal yang mampu diputar oleh baling-baling

Tabel 1. Hasil pengujian putaran turbin dan beban kerja maksimal

Kecepatan Air (m/s)	Putaran Turbin (rpm)	Beban Maksimal (kg)
0,5	58	0,70
0,6	68	0,82
0,7	79	0,93
0,8	89	1,04
0,9	100	1,15
1,0	108	1,20
1,1	115	1,25

Berdasarkan hasil pengujian seperti pada Tabel 1, menunjukkan bahwa turbin air yang dirancang dengan menggunakan *propeller* dapat bekerja mulai dari kecepatan air yang sangat rendah yaitu 0,5 m/s hingga kecepatan air 1,1 m/s. Selain itu, dari data pada Tabel 1 tersebut juga menunjukkan bahwa semakin cepat kecepatan air sungai, maka putaran turbin dan beban yang mampu diputar oleh turbin juga semakin besar.

### 3.3. Analisis Daya dan Efisiensi Turbin

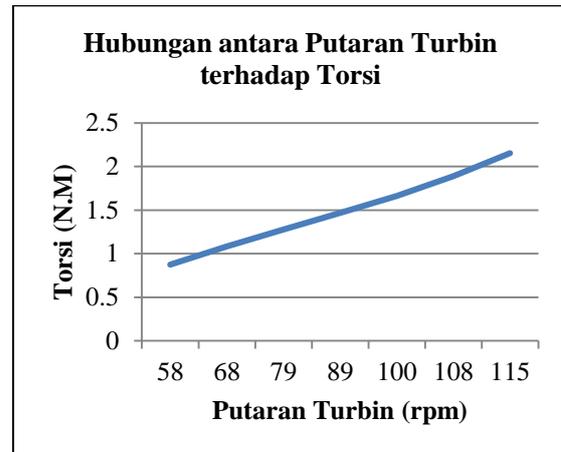
Untuk mengetahui kinerja protoripe turbin air arus sungai menggunakan *nozzel-diffuser*, maka perlu dilakukan perhitungan daya masuk, daya keluar dan efesinesi turbin. Perhitungan berdasarkan data yang diperoleh saat eksperimen lapangan di Sungai Amandit dan dihitung menggunakan rumus yang sudah dijabarkan pada Bab sebelumnya.

Tabel 2. Hasil perhitungan kecepatan sudut dan torsi

Putaran Turbin (rpm)	Kecepatan Sudut (rad/s)	Torsi (N.m)
58	6,07	0,8750
68	7,12	1,0850
79	8,27	1,2775
89	9,32	1,4700
100	10,47	1,6625
108	11,30	1,8900
115	12,04	2,1525

Hasil perhitungan kecepatan sudut ( $\omega$ ) menggunakan Rumus 3 dan hasil perhitungan torsi (T) menggunakan Rumus 1 pada setiap putaran turbin yang dihasilkan dari kecepatan

aliran air dapat dilihat pada Tabel 2. Adapun hubungan antara putaran turbin dengan besarnya torsi dapat dilihat pada Gambar 9.



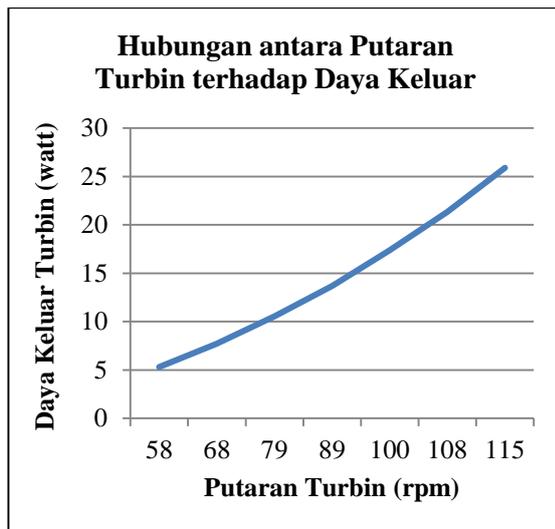
Gambar 9. Grafik hubungan kecepatan putaran turbin terhadap torsi

Berdasarkan pada Gambar 9 dapat dikatakan bahwa semakin besar putaran turbin, maka akan semakin besar torsi yang didapatkan oleh turbin. Dimana putaran turbin dihasilkan dari banyaknya debit air yang masuk ke dalam *propeller* turbin.

Perhitungan selanjutnya untuk mengetahui kinerja turbin adalah perhitungan terhadap daya yang mampu dimanfaatkan oleh turbin, yaitu daya keluar turbin dan daya masuk turbin. Daya keluar turbin ( $P_T$ ) dihitung dengan Rumus 2, sedangkan daya masuk turbin ( $P_H$ ) dihitung dengan Rumus 4. Hasil perhitungan daya keluar turbin dan daya masuk turbin dapat dilihat pada Tabel 3. Adapun hubungan antara kecepatan putaran turbin dengan daya keluar turbin atau daya turbin dapat dilihat pada Gambar 10.

Tabel 3. Hasil perhitungan daya keluar turbin dan daya masuk turbin

Putaran Turbin (rpm)	Daya Keluar Turbin (watt)	Daya Masuk Turbin (watt)
58	5.31	11.98
68	7.72	17.26
79	10.56	23.49
89	13.69	30.68
100	17.40	38.84
108	21.36	47.95
115	25.91	58.02



Gambar 10. Grafik hubungan antara kecepatan putaran turbin terhadap daya keluar turbin

Berdasarkan Gambar 10 grafik hubungan antara kecepatan putaran turbin terhadap daya keluar turbin, terlihat bahwa semakin besar putaran turbin, maka daya keluar turbin atau daya yang dihasilkan oleh turbin juga semakin besar.

Setelah diketahui besarnya daya keluar turbin dan daya masuk turbin, maka dapat dicari besarnya efisiensi turbin ( $\eta$ ) menggunakan Rumus 5. Hasil perhitungan besarnya efisiensi turbin air arus sungai dengan model sudu *propeller* dan menggunakan *nozzel-diffuser* yang diujicobakan pada aliran air sungai terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan efisiensi turbin

Kecepatan Air (m/s)	Putaran Turbin (rpm)	Efisiensi Turbin (%)
0,5	58	44
0,6	68	44
0,7	79	44
0,8	89	44
0,9	100	44
1,0	108	44
1,1	115	44

Berdasarkan pada Tabel 4, besarnya efisiensi turbin dari kecepatan air 0,5 m/s sampai dengan kecepatan air 1,1 m/s memiliki nilai yang sama, yaitu 44%. Ini dapat diartikan bahwa turbin menggunakan *nozzel-diffuser* mampu memanfaatkan kecepatan aliran sungai, baik saat kecepatan rendah maupun tinggi.

#### IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen lapangan menggunakan prototipe turbin dan perhitungan data yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Prototipe turbin air arus sungai dengan model sudu *propeller* dan *nozzel-diffuser* dapat bekerja dengan baik mulai dari kecepatan air 0,5 m/s sampai dengan 1,1 m/s,
2. Semakin tinggi kecepatan air, maka semakin tinggi juga kecepatan putaran turbin.
3. Semakin tinggi kecepatan putaran turbin, semakin tinggi juga torsi dan daya turbin
4. Pada semua kecepatan air dan kecepatan putaran turbin, besarnya efisiensi turbin selalu tetap sama yaitu 44%.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Islam Kalimantan yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Pemula Tahun Anggaran 2019.

#### Daftar Pustaka

- Anam, A. (2016). Pengaruh Variasi Ketinggian Aliran Sungai Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Bersudu Mangkok Dengan Sudut Input 10o. *Prosiding SENIATI, Book 1*, A.37-A.42.
- Hardiatama, I., & Trifiananto, M. (2018). Pengaruh Penambahan Diffuser terhadap Performa 3D Print Turbin Hidrokinetik Helilcal Savonius (Twist Angle 45o). *Jurnal Teknik Mesin Mercuri Buana*, 7(2), 75-82.
- Iio, S., Katayama, Y., Uchiyama, F., Sato, E., & Ikeda, T. (2011). Influence of setting condition on characteristics of Savonius hydraulic turbine with a shield plate. *Journal of Thermal Science*, 20(3), 224-228. doi:10.1007/s11630-011-0462-9
- Kailash, G., Eldho, T. I., & Prabhu, S. V. (2012). Performance Study of Modified Savonius Water Turbine with Two Deflector Plates. *International Journal of Rotating Machinery*, 2012(Article ID 679247), 1-12. doi:10.1155/2012/679247

- Mabrouki, I., Driss, Z., & Abid, M. S. (2014). Experimental Investigation of the Height Effect of Water Savonius Rotors. *International Journal of Mechanics and Applications*, 4(1), 8-12. doi:10.5923/j.mechanics.20140401.02
- Mulkan, I., Hantoro, R., & Nugroho, G. (2012). Analisa Performansi Turbin Arus Sungai Vertikal Aksis Terhadap Penambahan Variasi Panjang Rasio Luasan Pada Diffuser. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), 1-5.
- Pietersz, R., Soenoko, R., & Wahyudi, S. (2013). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(3), 220-226.
- Rendi, R., & Arifin, J. (2019). Desain Diffuser Turbin Air Arus Sungai untuk Meningkatkan Laju Arus Sungai. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2), 62-66. doi:10.31602/al-jazari.v4i2.2645
- Rendi, R., & Hartadi, B. (2018). Pengaruh Penambahan Nozzle Guide Vane Pada Rotor Savonius Modifikasi untuk Turbin Air. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), 74-79. doi:10.31602/al-jazari.v3i1.1396
- Rendi, R., & Herlina, F. (2019). Penambahan Lingkaran Pelindung Pada Turbin Air Rotor Savonius. *Info-Teknik: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik*, 20(2), 237-254. doi:10.20527/infotek.v20i2.7720
- Rendi, R., & Sidiq, A. (2018). Pengaruh Twist Angle Blade Turbin Savonius Berpengaruh Aliran Aplikasi Pada Turbin Air. *Info-Teknik: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik*, 19(2), 203-210. doi:10.20527/jit.v19i2.154
- Sahim, K., Santoso, D., & Radentan, A. (2013). Performance of Combined Water Turbine with Semielliptic Section of the Savonius Rotor. *International Journal of Rotating Machinery*, 2013(Article ID 985943), 1-5. doi:10.1155/2013/985943
- Sugiharto, B., Soeparman, S., Widhiyanuriyawan, D., & Wahyudi, S. (2016). Performances of Savonius Rotor with Addition Guide Vanes. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 6(4), 1336-1341.