

## KAJI EKSPERIMENTAL KINERJA TURBIN ZANETTE BERBASIS SUDU EKOR IKAN TUNA

Suwarti, Sahid, dan Dwiana Hendrawati

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang Fax.(024) 7472396  
E-mail: *sahid.poline@gmail.com*

### Abstract

The main objective of this research is to experimentally examine the performance of a Zanette turbine based on tuna tail blade. The initial step of the study was to make 2 models of the Zanette turbine, namely the base of the whale's tail and the base of the tail of the tuna. The model has a diameter of 30 cm; 30 cm high. The profile of the Zanette turbine blade refers to the NACA 0018 standard. The turbine models are tested on a test channel. The parameters measured in the test are the water surface height ( $z$ ), the height of the water difference in the pitot tube ( $\Delta h$ ), the rotation and torque of the shaft. The parameter determined and the variable of this research is the construction of the turbine blade, which is the base of the whale's tail and tuna. The measured data are calculated to get hydraulic power, turbine mechanical power and turbine efficiency. The test results are displayed in graphical form of turbine performance characteristics. Based on the graph the performance of the two turbine models is compared descriptively. Test results at a flow speed of 1.2 m / s of the Zanette turbine showed an optimum efficiency of 25.1% at a turbine rotational speed of 129.5 rpm, a Zanette turbine based on a tuna tail blade showed an optimum efficiency of 40.16% at a rotational speed of 117 rpm. The efficiency of a Zanette turbine based on tuna tail blade is 15.06% greater than the efficiency of a Zanette turbine. In testing the flow velocity of 1.71 m / s the optimum efficiency of the Zanette turbine is 50.56% and the Zanette turbine base of the tuna tail blade produces an optimum efficiency of 32.8%. The efficiency of the Zanette turbine is 17.76% greater than the Zanette turbine based on the tuna tail blade.

**Keywords:** *Zanette turbine, tuna tail blade base, turbine efficiency*

### Abstrak

Tujuan utama pada penelitian ini adalah mengkaji secara eksperimental kinerja turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna. Langkah awal penelitian adalah membuat 2 buah model turbin Zanette yaitu basis ekor ikan paus dan basis ekor ikan tuna. Model yang dibuat memiliki ukuran diameter 30 cm; tinggi 30 cm. Profil sudu turbin Zanette mengacu pada standar NACA 0018. Model-model turbin tersebut diuji pada saluran uji. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah tinggi permukaan air ( $z$ ), tinggi perbedaan air pada tabung pitot ( $\Delta h$ ), putaran dan torsi poros. Parameter yang ditentukan dan merupakan variabel penelitian ini adalah konstruksi sudu turbin yaitu basis ekor ikan paus dan ikan tuna. Data yang telah diukur dihitung untuk mendapatkan daya hidrolik, daya mekanik turbin dan efisiensi turbin. Hasil uji ditampilkan dalam bentuk grafik karakteristik kinerja turbin. Berdasarkan grafik tersebut kinerja kedua model turbin dibandingkan secara deskriptif. Hasil pengujian pada kecepatan aliran 1,2 m/s turbin Zanette menunjukkan efisiensi optimum 25,1% pada kecepatan putar turbin 129,5 rpm, turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna menunjukkan efisiensi optimum 40,16% pada kecepatan putar 117 rpm. Efisiensi turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna 15,06% lebih besar dari efisiensi turbin Zanette. Pada pengujian kecepatan aliran 1,71 m/s efisiensi turbin Zanette optimum 50,56% dan turbin Zanette basis sirip ekor ikan tuna menghasilkan efisiensi optimum 32,8%. Efisiensi turbin Zanette lebih besar 17,76% dari turbin Zanette basis sirip ekor ikan tuna.

Kata kunci : Turbin Zanette, basis sirip ekor ikan tuna, efisiensi turbin.

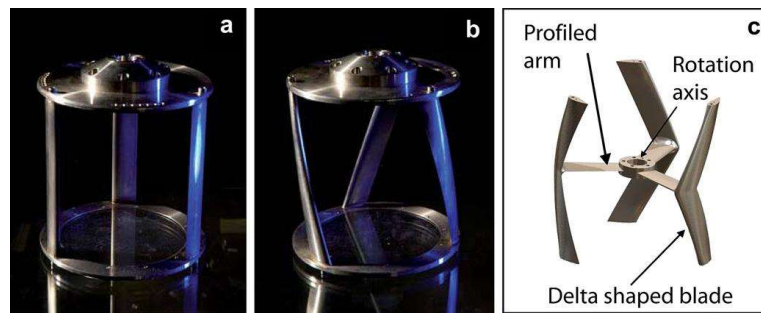
## PENDAHULUAN

Potensi perairan laut di Indonesia sangatlah besar. Wilayah perairan Indonesia, terutama selat-selat yang menghadap Lautan Hindia dan Samudera Pasifik ternyata memiliki arus laut yang kuat sehingga menyimpan potensi yang bisa dimanfaatkan secara maksimal untuk membangkitkan energi listrik dari sumber energi yang terbarukan. Potensi aliran arus laut (karena pasang surut) atau arus sungai menyimpan energi hidro-kinetik yang dapat dikonversi menjadi daya listrik. Besarnya daya listrik bergantung pada densitas fluida, penampang aliran, dan kecepatan alirannya. Beberapa selat di Indonesia memiliki arus laut cukup kuat sehingga dapat menghasilkan tenaga yang dapat dikonversikan sebagai energi listrik.

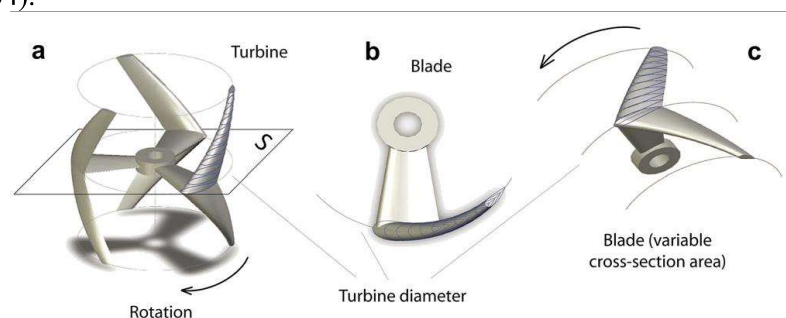
Turbin yang cocok untuk memanfaatkan potensi air laut dikenal dengan CFWT (Cross Flow Water Turbine). Beberapa turbin air yang sudah kita kenal antara lain Turbin Darrieus, Turbin Gorlov, Turbin Achard dan Maitre dan Turbin Zanette. Turbin – turbin tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing untuk perairan di Indonesia.

Desain turbin Darrieus kemudian berkembang dengan ditemukannya turbin Gorlov (1997), Achard (2004), ( lihat gambar 1) dan Zanette (2010) (lihat gambar 2). Kesamaan desain pada turbin-turbin tersebut terletak pada sudu berbentuk *hydrofoil NACA 0018*, berporos tegak, dan bersudu 3. Sedangkan perbedaannya terletak pada konstruksi sudu. Sudu turbin Darrieus terpasang tegak sejajar dengan sumbu poros turbin. Sudu Darrieus dikembangkan oleh Gorlov, sedangkan Achard dan Maitre mengembangkan bentuk sudu berbentuk delta dengan perluasan penampang yang tetap . (gambar 1)

Turbin Zanette memiliki bentuk sudu turbin Achard namun luasan sudu bervariasi sehingga membentuk trapezoid. Bentuk sudu turbin Zanette diilhami oleh bentuk sudu ikan paus. (gambar 2). Pengembangan turbin zanette dilakukan dengan mengubah basis bentuk sudu menjadi basis ekor ikan tuna (gambar 3). Ikan tuna memiliki karakteristik renang yang lebih cepat dan lincah dari ikan paus, atas asumsi inilah ekor ikan tuna dipilih sebagai basis sudu turbin zanette. Bentuk turbin dapat dilihat pada gambar 1,2 dan 3.



Gambar 1. a. Turbin Darius (1931); b. Turbin Gorlov (1997); c. Turbin Archard and Maitre (2004).

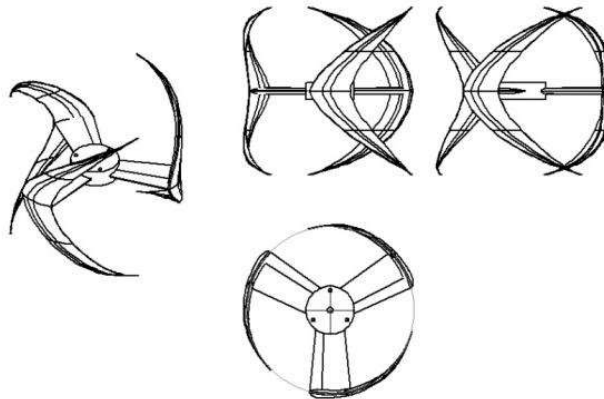


Gambar 2. a. Turbin Zanette ; b. Pandangan Atas; c. Sudu Turbin

Cross flow water turbine (CFWT) merupakan sebuah turbin reaksi. Turbin reaksi memanfaatkan beda tekan pada aliran sebelum melewati turbin dan setelah melewati turbin. Aliran air setelah melewati turbin mengalami *venacontracta* sehingga permukaan air mengalami penyusutan atau pendangkalan dengan diikuti nilai tekanan yang mengecil dan menyebabkan aliran lebih cepat dari sebelumnya.

#### TURBIN ZANETTE BERBASIS SIRIP EKOR IKAN TUNA

Desain turbin zanette berbasis sirip ekor ikan tuna (gambar 3) memperlihatkan bentuk sudu lebih lancip dan memiliki luasan sudu yang lebih besar dari sebelumnya. Pandangan atas dari turbin menunjukkan bahwa turbin berbentuk *cylinder*. Dibandingkan dengan turbin zanette yang berbentuk *trapezoidal* dengan memperhatikan variabel pada potongan luasan tiap ketinggian sudu, turbin zanette berbasis sirip ekor ikan tuna memiliki bentuk seperti sabit dan lebih tumpul pada bagian tengah sudu dan luasan potongan sudu pada ujung sudu lebih kecil. Nilai hub memiliki bentuk yang sama sehingga pembandingan ada pada bentuk sudu.

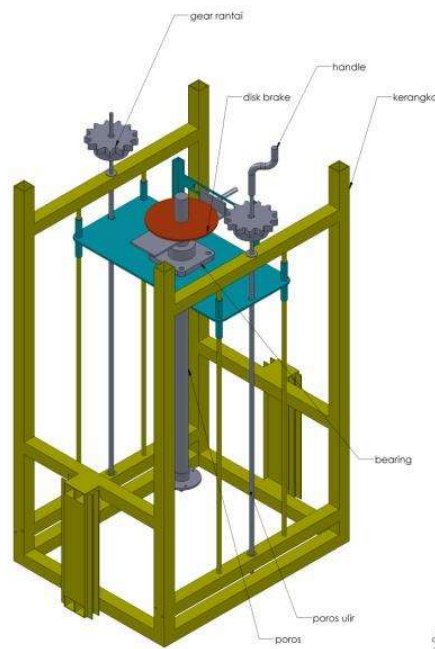


Gambar 3. Turbin Zanette Berbasis Sirip Ekor Ikan Tuna.

### METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan pada penelitian ini adalah melakukan studi pustaka dan mempelajari literatur-literatur rekayasa *Cross Flow Water Turbine* sebagai penggerak dengan memanfaatkan energi aliran sungai dan laut serta karakteristik bentuk ekor ikan tuna, merancang turbin zanette basis ekor ikan tuna lalu membuat sebuah model skala laboratorium dengan diameter turbin 30 cm. perbandingan kinerja turbin dapat dilakukan jika kedua buah turbin memiliki parameter ukuran, bahan serta bentuk *hydrofoil* yang sama. Parameter ukuran turbin adalah Diameter 30 cm, tinggi turbin 30 cm dan panjang chord 7,332 cm. bahan pembuatan turbin adalah fiberglass, karena fiberglass dibuat dengan sistem cetak, ringan serta dapat dibentuk sesuai dengan gambar rancangan. Bentuk *hydrofoil* yang digunakan adalah naca 0018.

Parameter-parameter yang dikur pada saat pengujian adalah kecepatan putar(rpm); gaya pada *disk brake* sebagai parameter untuk perhitungan torsi (Nm); *headstatis* ( $z$ ) serta head dinamis( $\Delta h$ ). Data hasil pengujian akan diolah menjadi sebuah grafik karakteristik turbin. Grafik akan dibandingkan secara deskriptif. Pengujian dilakukan oleh sebuah alat uji yang dapat dilihat pada gambar 4. Alat uji (gambar 4) akan dipasang di sebuah saluran uji yang akan menyediakan aliran air sebagai penggerak turbin.

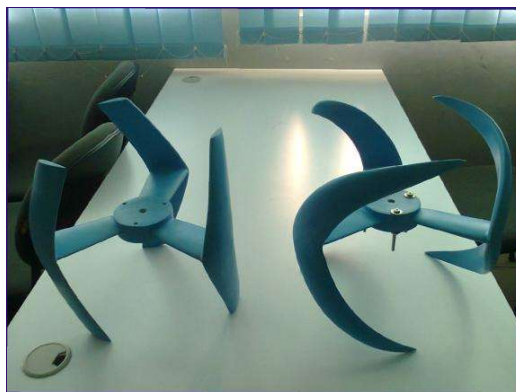


Gambar 4. Alat uji kinerja turbin

## HASIL DAN PEMBAHASAN

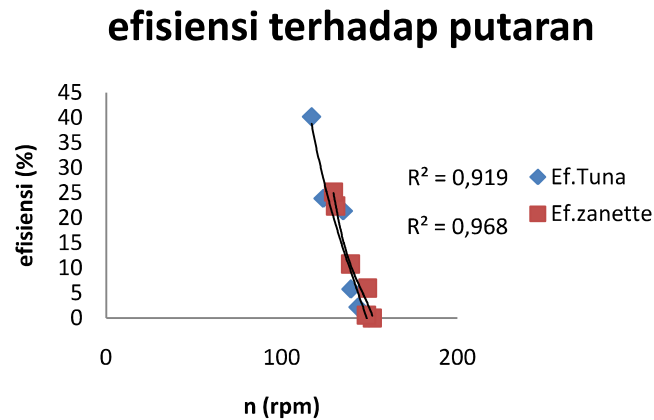
### Rancangan Turbin Zanette

Turbin zanette terdiri dari pemegang hub dan 3 buah serta 3 buah sudu yang terpasang pada masing-masing hub. pemasangan bagian-bagian turbin dilakukan secara permanen sehingga kemiringan sudu dan hub tidak dapat divariasikan. Turbin zanette terbuat dari fiberglass, sehingga air tidak akan terserap pada turbin serta dapat dibentuk sesuai desain/rancangan. Pembuatan master turbin menggunakan kertas dengan tebal 1 mm. Kertas tersebut dipotong sesuai potongan area sudu turbin pada ketinggian tertentu. Turbin memiliki variasi luasan tiap kenaikan tinggi sudu, sehingga penumpukan kertas setebal 1 mm akan menjaga kepresisian dari pembuatan sudu turbin. Hasil rancangan turbin dapat di lihat pada gambar 5.



Gambar 5. Turbin zanette (kiri), turbin zanette basis sirip ekor ikan tuna (kanan)

#### KAJIAN DATA HASIL PENGUJIAN

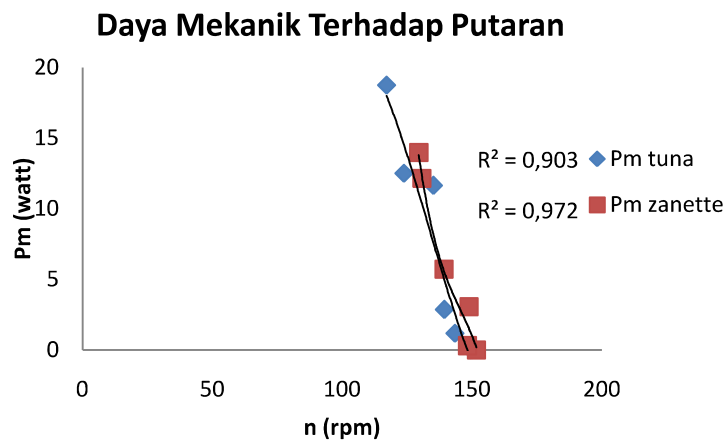


Gambar 6. Grafik hubungan putaran turbin dengan efisiensi turbin pada variasi kecepatan aliran 1,2 m/s

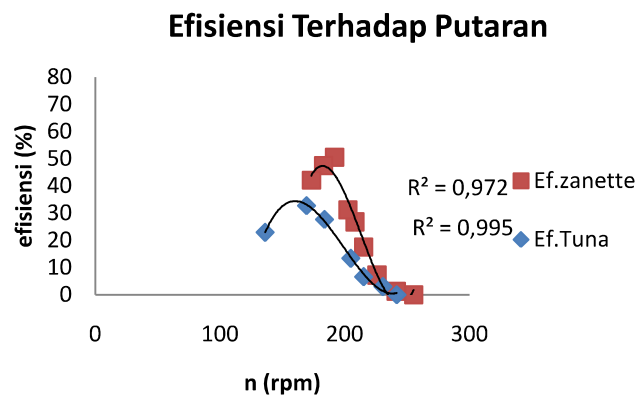
Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan antara efisiensi dengan kecepatan putar turbin (rpm). Terdapat 2 kurva yang membedakan jenis turbin yang diuji yaitu turbin zanette dan turbin zanette berbasis sirip ekor ikan tuna. Kurva warna biru untuk turbin zanette berbasis sirip ekor ikan tuna, Kurva warna merah untuk turbin zanette. Kedua kurva memiliki bentuk dan cenderung sama. Kecenderungan pada kurva yaitu kenaikan efisiensi berbanding terbalik dengan nilai kecepatan putar turbin, hingga mencapai nilai puncaknya dan penurunan kecepatan putar tidak diikuti kenaikan efisiensi.

Gambar 6 menunjukkan bahwa masing-masing turbin memiliki efisiensi optimum yang berbeda-beda. Turbin zanette memiliki efisiensi optimum 25,1 % pada kecepatan putar turbin 129,5 rpm. Turbin zanette berbasis sirip ekor ikan tuna memiliki efisiensi optimum 40,2 % pada kecepatan putar turbin 117 rpm. Hal ini menunjukkan kecepatan putar turbin mempengaruhi efisiensi turbin. Gambar 6 menunjukkan bahwa efisiensi turbin zantte berbasis sirip ekor ikan tuna lebih baik. Kenaikan nilai efisiensi turbin 15,06 % pada kecepatan aliran 1,2 m/s.

Gambar 7 menunjukkan nilai daya mekanik turbin zanette berbasis sirip ekor ikan tuna lebih tinggi. Daya mekanik optimum turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna adalah 18,7 watt pada putaran 117 rpm. Daya mekanik optimum turbin Zanette basis sirip ekor ikan paus 13,9 watt pada putaran 129,5 rpm.



Gambar 7. Grafik hubungan antara daya mekanik dengan putaran turbin pada kecepatan aliran 1,2 m/s.

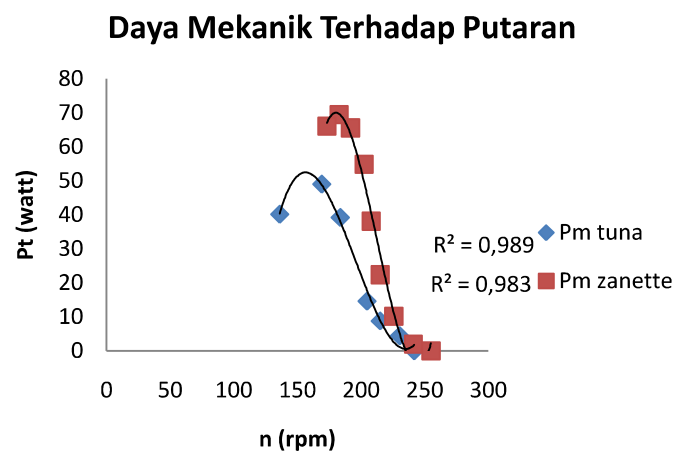


Gambar 8. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap putaran pada kecepatan aliran 1,7 m/s

Gambar 8. Menunjukkan hubungan antara efisiensi terhadap putaran pada kecepatan aliran 1,7 m/s. Gambar 8 menunjukkan kurva turbin Zanette berwarna merah dan kurva turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna berwarna biru. Kurva karakteristik kinerja turbin menunjukkan bahwa turbin Zanette memiliki efisiensi lebih tinggi dibanding turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna. Efisiensi optimum turbin Zanette adalah 50,5% pada kecepatan putar 191,6 rpm. Turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna menunjukkan efisiensi optimum 32,8% pada kecepatan putar 169 rpm.

Gambar 9. menunjukkan grafik hubungan antara daya mekanik turbin (watt) terhadap kecepatan putar (rpm). Terdapat 2 kurva yang membedakan turbin zanette dan turbin zanette berbasis sirip ekor ikan tuna. Kurva berwarna merah untuk turbin zanette dan kurva berwarna biru untuk turbin zanette berbasis sirip ekor ikan tuna. Gambar 7

menunjukkan bahwa kedua buah turbin memiliki kecenderungan dimana daya mekanik turbin berbanding terbalik dengan kecepatan putar turbin, dan ketika mencapai puncaknya penurunan putaran tidak diikuti kenaikan daya mekanik. Daya mekanik optimum pada turbin zanette adalah 69,5 watt pada putaran 182,7 rpm. Daya mekanik optimum pada turbin zanette berbasis sirip ekor ikan tuna adalah 49,03 watt pada putaran 169 rpm.



Gambar 9. Grafik hubungan antara daya mekanik terhadap putaran pada kecepatan aliran 1,7 m/s

### KESIMPULAN

1. Turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna memiliki efisiensi serta daya mekanik optimum lebih baik dari pada turbin Zanette berbasis ekor ikan paus pada kecepatan aliran 1,2 m/s. Nilai efisiensi dan daya mekanik Optimum pada turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna masing-masing adalah 40,2% ; 18,7 watt.
2. Turbin dengan basis sirip ekor ikan paus memiliki efisiensi serta daya mekanik lebih besar dari pada turbin Zanette basis sirip ekor ikan tuna pada kecepatan aliran 1,7 m/s . Nilai efisiensi serta daya mekanik turbin Zanette masing-masing adalah 50,5% ; 69,5 watt.
3. Turbin Zanette berbasis sirip ekor ikan tuna cocok untuk digunakan pada kecepatan aliran yang rendah.

### UCAPAN TERIMA KASIH



Ucapan terima kasih disampaikan kepada POLINES yang telah membiayai program ini melalui PKT 2019.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Achard J-L, Maitre T. 2004. *Hydraulic Turbo-machine*. Applicant: INPG (FR), French patent number: FR 04.50209
- Darrieus GJM. 1931. *Turbine having its rotating shaft transverse to the flow of the current*. US Patent number: US 1.835.018
- Gorlov AM. 1997. *Helical turbine assembly operable under multidirectional fluid flow for power and propulsions systems*. US Patent number: US 5.451.137
- Paraschivoiu I. 2002. *Wind turbine design*. UK: Polytechnic International Press
- Suwoto Gatot, Syaiful, Susilo. 2011. *Kaji Eksperimental Turbin Zanette dengan Variasi Jumlah Sudu*. Eksergi Jurnal Teknik Energi. Vol.7 No.3 pp:78-83
- Zanette, J, dkk. 2010. *“A design methodology for cross flow water turbines”*. Elsevier. Vol.997-1009.