

## ***Design and performance test of overshot water wheel with variation of inner diameter***

**Alif Ramadhan<sup>1</sup>, Asral<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293  
Email korespondensi: asral@lecturer.unri.ac.id

### **Abstrak**

*Kajian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana merancang kincir air tipe overshot dan pengaruh variasi diameter dalam kincir air tipe overshot terhadap kinerja, kincir air tersebut tergolong dalam kategori pembangkit listrik tenaga pikohidro yang dapat menghasilkan listrik kurang dari 5000 Watt, Kincir air tipe overshot memiliki mekanisme gerak menggunakan dorongan air yang berasal dari bagian atas kincir air, kincir air tipe overshot memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan kincir air jenis lainnya, oleh karena itu untuk mendapatkan tenaga yang besar digunakan kincir air tipe overshot. Pengujian kincir air yang dirancang telah disesuaikan dengan kondisi di wilayah Provinsi Riau, di mana wilayah Riau memiliki banyak sungai dan waduk, sehingga cocok digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air, dan ketinggian jatuh air di wilayah Riau rata-rata sekitar 1 meter sampai 3 meter. Ukuran diameter dalam kincir air diuji mulai dari ukuran 0,25 m, 0,5 m, 0,75 m, variasi ukuran ini dibuat untuk menguji apakah pengaruh diameter dalam kincir terhadap besarnya torsi yang dihasilkan oleh kincir air dengan menggunakan debit yang sama, sehingga dapat menghasilkan daya yang optimal, kincir air dengan diameter dalam 0,5 m memiliki performa terbaik karena efisiensi kincir air paling tinggi, dari pengujian ini dapat diketahui bahwa dimensi kincir air harus berbanding lurus dengan debit yang diberikan pada kincir air agar daya yang dihasilkan lebih optimal.*

**Kata kunci:** kincir air overshot, desain kincir air dan performa kerja, pikohidro.

### **Abstract**

*This research was conducted to find out how to design an overshot type waterwheel and the effect of variations inner diameter of the overshot type waterwheel on work performance, the waterwheel is classified into the category of picohydro power plants that can generate electricity less than 5000 Watt, the overshot type waterwheel has a motion mechanism using a push water that comes from the top of the waterwheel, the overshot type waterwheel has greater efficiency than other types of waterwheels, therefore to get a large amount of power an overshot type waterwheel is used. The testing of the designed waterwheel has been adapted to conditions in the Riau Province area, where the Riau area has many rivers and reservoirs so it is suitable for use for hydroelectric power plants, and the height of the water fall in the Riau area on average is about 1 meter to 3 meters. The size of the inner diameter of the waterwheel was tested starting from the size of 0.25 m, 0.5 m, 0.75 m, this size variation was made to test whether the effect of the inner diameter of the waterwheel affects the amount of torque produced by the waterwheel by using the same discharge so that it can produce power optimally, a waterwheel with an inner diameter of 0.5 m has the best performance because the efficiency of the waterwheel is the highest, from this test it can be seen that the dimensions of the waterwheel must be directly proportional to the discharge given to the waterwheel so that the power generated more optimal.*

**Keywords:** overshot waterwheel, waterwheel design and work performance, picohydro.

### **1. Pendahuluan**

Kajian pengujian kincir air ini dirancang sesuai dengan kondisi lingkungan di daerah Provinsi Riau, yang mana diketahui bahwa Riau memiliki banyak sungai dan waduk, serta tinggi jatuh air di daerah Provinsi Riau rata-ratanya adalah 1 meter hingga 3 meter, oleh karena itu untuk menghasilkan daya yang besar dapat menggunakan kincir air overshot [1, 2]. Tujuan dalam perancangan pembangkit listrik adalah untuk menghasilkan energi listrik dengan efisiensi yang tinggi, permasalahan yang muncul adalah bagaimana cara untuk memperbesar efisiensi dari kincir air overshot dengan kondisi lingkungan seperti di daerah Riau [3, 4]. Pentingnya untuk meningkatkan efisiensi dari suatu pembangkit adalah

agar konsumsi sumber daya dalam menghasilkan energi tidak banyak dan dapat bekerja dalam jangka panjang, sehingga dapat mempermudah pekerjaan manusia dan memelihara alam [5].

Kajian ini dilakukan berdasarkan kajian sebelumnya oleh Anurat dan Chainarong, dari kajian dengan judul pengaruh jumlah sudu dan rasio jari-jari yang tenggelam pada kincir air undershot, di dapatkan kesimpulan bahwa torsi mempengaruhi seberapa besar daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik.

Pada kajian ini pengujian dilakukan dengan memvariasikan diameter dalam kincir air yang menggunakan tipe overshot dengan menggunakan parameter yang sama seperti debit, tinggi jatuh air,

perbedaan ukuran dari diameter dalam ini dilakukan untuk mengetahui apakah pengaruh ukuran diameter dalam kincir air terhadap besar torsi dan daya yang dihasilkan, sehingga didapatkan kesimpulan dari kajian ini bahwa ukuran dari dimensi kincir air harus berbanding lurus dengan debit yang diberikan agar daya yang dihasilkan oleh generator lebih optimal.

## 2. Metode

Ukuran diameter dalam kincir air yang akan diujikan bervariasi mulai dari 0,25 m, 0,5 m, 0,75 m, yang memiliki parameter yang sama yaitu ukuran dan jumlah sudu, lebar kincir, sudu kincir air memiliki tinggi dan lebar 17 cm × 20 cm, setiap kincir akan diujikan dengan menggunakan debit air yang sama. Pipa penstock yang digunakan adalah 1,25 inci untuk tangki dan 1 inci pompa.

Debit air dalam pengujian ini berasal dari dalam tangki yang letaknya 3 meter di atas kincir dengan volume 500 liter dan dibantu dengan bantuan pompa Shimizu PC-260 BIT, dalam pengujian pompa dan tangki di gunakan secara bersamaan guna untuk menghasilkan debit yang besar, sehingga data yang didapatkan lebih akurat.

Pada pengujian ini menggunakan sistem transmisi putaran, yang menggunakan 4 buah pulley dan 2 belt dengan ukuran pulley 12 inci, 10 inci, 3 inci dan 2 inci, belting yang digunakan adalah A-70 dan A-69.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Torsi

Torsi merupakan sebuah energi yang timbul akibat adanya gaya dorong dan lengan yang bergerak secara rotasi, pada kincir air tipe overshoot torsi dipengaruhi oleh seberapa besar gaya dorong air yang diberikan kepada sudu dan diameter kincir air. Gaya dorong air dipengaruhi oleh kecepatan air, densitas air, dan luas penampang yang terkena oleh air, persamaan gaya dorong dapat dilihat pada Persamaan 1 [5] :

$$F_{dorong} = \rho A v^2 \quad (1)$$

dengan A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>), v = Kecepatan Fluida (m/s), ρ = Densitas Fluida (kg/m<sup>3</sup>).

Maka torsi dapat ditentukan dengan Persamaan 2 [5]:

$$T = F_{dorong} \cdot r \quad (2)$$

dengan T = Torsi (Nm), F<sub>dorong</sub> = Gaya Dorong Air (N), r = Jari-jari Kincir air (m).

### Efisiensi

Efisiensi merupakan rasio seberapa efisien sebuah mesin dalam bekerja dan pembangkit dalam menghasilkan listrik, efisiensi dapat ditentukan dengan membandingkan hasil kerja (energi) dari sebuah mesin atau pembangkit dengan berapa besar kerja yang diperlukan, hal ini merujuk kepada

hukum termodinamika yang pertama bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dihancurkan, akan tetapi energi dapat berubah bentuk dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Pada kincir air efisiensi dapat ditentukan dengan membandingkan seberapa besar daya yang dihasilkan oleh generator dengan daya yang diperlukan untuk menggerakkan kincir, daya kincir dapat ditentukan dengan Persamaan 3 [6] :

$$P_{Kincir} = \rho g h Q \quad (3)$$

dengan ρ = Densitas (kg/m<sup>3</sup>), g = Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>), h = Beda ketinggian (m), Q = Debit (m<sup>3</sup>/s), P<sub>Kincir</sub> = Daya kincir (Watt).

Daya generator dapat ditentukan dengan mengukur seberapa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator, yang dapat dilihat pada Persamaan 4 [7]:

$$W = V \cdot I \quad (4)$$

dengan W = Daya Generator (Watt), V = Tegangan (Volt), I = Kuat Arus (Ampere).

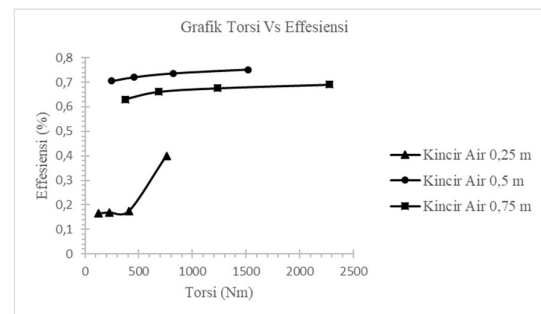
Maka efisiensi dapat ditentukan dengan membandingkan daya keluar dengan daya yang diperlukan, yang dapat dilihat pada Persamaan 5 [6, 7]:

$$\eta = \frac{W}{P_{Kincir}} \times 100\% \quad (5)$$

dengan η = Efisiensi, W = Daya Generator (Watt), P<sub>Kincir</sub> = Daya kincir (Watt).

### Pengaruh Torsi terhadap Efisiensi

Torsi dan efisiensi dapat ditemukan perbandingannya di Gambar 1 dengan data disajikan pada Tabel 1.



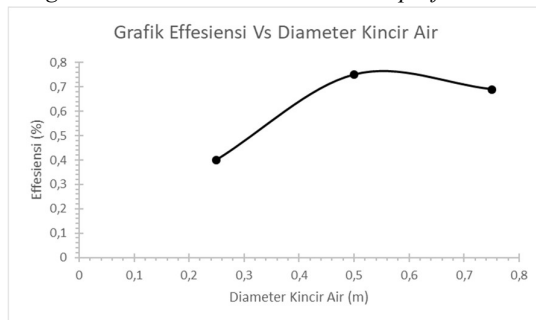
Gambar 1. Grafik torsi vs efisiensi.

**Tabel 1.** Data torsi dan efisiensi setiap kincir air.

Diameter Dalam (m)	Torsi (Nm)	$\eta$ (%)
0,25	759,500514	0,400226278
	410,4612309	0,175098997
	227,6954352	0,170096168
	124,0071604	0,16509334
0,5	1519,001028	0,750424271
	820,9224619	0,735415786
	455,3908703	0,7204073
	248,0143207	0,705398815
0,75	2278,501542	0,690390329
	1231,383693	0,675381844
	683,0863055	0,660373359
	372,0214811	0,630356388

Secara teoritis dapat diketahui bahwa semakin besar torsi, maka efisiensi juga akan semakin besar [8, 9, 10], jika dilihat pada grafik (Gambar 1) yang mana efisiensi tertinggi dihasilkan dengan menggunakan kincir yang berdiameter 0,5 m, dan efisiensi paling rendah dihasilkan dengan menggunakan kincir diameter 0,25 m, dan efisiensi kincir dengan diameter 0,75 m berada di bawah kincir diameter 0,5 m, kincir diameter 0,25 m lebih rendah efisiensinya dibandingkan kincir lain, fenomena ini disebabkan ukuran dari kincir, sehingga menghasilkan torsi yang lebih kecil dibandingkan kincir lainnya, sedangkan kincir diameter 0,75 m memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan kincir berdiameter 0,5 m, fenomena ini disebabkan tahanan dari kincir tersebut berupa massa yang mana penambahan massa ini diiringi oleh penambahan ukuran dimensi dari kincir [11].

*Pengaruh Diameter Kincir Air terhadap Efisiensi*

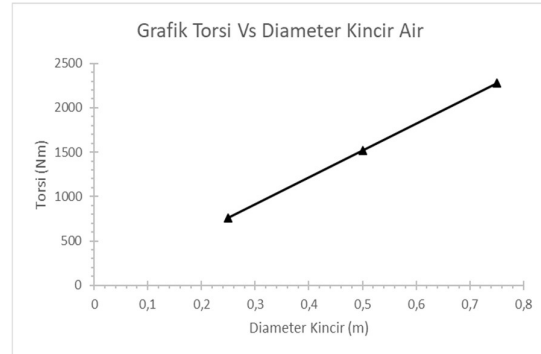


**Gambar 2.** Grafik efisiensi vs diameter kincir.

Dari Gambar 2, grafik efisiensi vs diameter kincir air dengan menggunakan debit yang sama bahwa efisiensi akan bergerak seperti parabola, di mana pada diameter 0,5 m berada di titik tertinggi efisiensinya yaitu 0,75% dan titik terendah pada diameter 0,25 m dengan efisiensi 0,4%, sedangkan kincir berdiameter 0,75 m memiliki efisiensi teringginya yaitu 0,69%, kincir dengan diameter 0,25 m memiliki efisiensi yang lebih rendah dari kincir lainnya akibat ukuran dari kincir tersebut, kincir 0,75 m memiliki efisiensi yang lebih rendah dari kincir 0,5 m akibat adanya tahanan dari kincir tersebut yang berupa massa, sehingga menyebabkan kincir semakin lambat untuk berputar, fenomena ini

merujuk kepada Gambar 1, grafik torsi vs efisiensi yang mana kincir dengan diameter 0,75 m memiliki nilai torsi yang tinggi akan tetapi memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan kincir dengan efisiensi 0,5 m.

*Pengaruh Diameter Kincir Air terhadap Torsi*



**Gambar 3.** Grafik torsi vs diameter kincir air.

Dari Gambar 3, grafik torsi vs diameter kincir dapat dilihat bahwa torsi paling besar dihasilkan oleh kincir dengan diameter 0,75 m dan yang paling rendah adalah 0,25 m, sedangkan torsi kincir diameter 0,5 m berada di bawah torsi kincir diameter 0,75 m, fenomena ini terjadi karena dalam menentukan torsi dalam Persamaan 2 bahwa ukuran dari kincir mempengaruhi besar torsi yang dihasilkan oleh karena itu torsi dari kincir diameter 0,75 m lebih besar dibandingkan torsi kincir lainnya.

#### 4. Kesimpulan

Dari kajian ini didapatkan simpulan bahwa diameter kincir mempengaruhi besar torsi yang dihasilkan kincir, semakin besar diameter kincir maka torsi juga akan semakin besar, peningkatan torsi ini harus diiringi dengan penambahan jumlah debit air, hal ini bertujuan agar daya yang dihasilkan oleh generator lebih optimal, sehingga efisiensi dari mesin pun juga meningkat.

#### Daftar Pustaka

- [1] Abadin, Muhammad As'ad. (2014). Pengaruh Besar Sudut Kelengkungan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air Tipe Sudu Lengkung Overshot. Malang : Universitas Brawijaya
- [2] Asral.(2020) Bahan ajar kincir air arus bawah (Undershot Waterwheel). Pekanbaru : Universitas Riau.
- [3] Asral, T Harismandri.(2017) Pengujian Prestasi Kincir Air Tipe Overshot Di Irigasi Kampus Universitas Riau Dengan Penstock Bervariasi. Pekanbaru : Universitas.
- [4] Budynas, Richard G dan J. Keith Nisbett. (2011). Shigley's Mechanical Engineering Design. New York : McGraw-Hill
- [5] Çengel, Y. A. dan M. A. Boles. (1989). Thermodynamics: An Engineering Approach. . New York : McGraw-Hill

- [6] IESR. (2019). Laporan Status Energi Bersih Indonesia: Potensi, Kapasitas Terpasang, dan Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan 2019. Jakarta : IESR
- [7] Inprasita, Chainarong dan Anurat Tevataa. (2011). The Effect of Paddle Number and Immersed Radius Ratio on Water Wheel Performance, Tak : Rajamangala University of Technology Lanna Tak.
- [8] Killingtveit, Ånund, Arun Kumar dan Marcos Freitas.(2012). Contribution to Special Report Renewable Energy Sources (SRREN), Indian Institute of Technology Roorkee, Federal University of Rio de Janeiro | UFRJ · Programa de Planejamento energético (PPE).
- [9] Morong, Juneidy Yohanes.(2016). Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan. Manado : Politeknik Negeri Manado
- [10] Nursuhud, Djati dan Astu Pudjanarsa. (2013). Mesin Konversi Energi. . Yogyakarta : C.V Andi OFFSET
- [11] Suga, Kiyokatsu dan Sularso. (1980). DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN MESIN. Jakarta : Pt Diktatelemen Mesinagustinus Purna