

PENGUJIAN PRESTASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO (PLTPH) JENIS KINCIR AIR TIPE OVERSHOT MENGGUNAKAN SALURAN IRRIGASI

Risno Andriano¹, Asral²

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293, Indonesia

¹risno.andriano@yahoo.com, ²asral_2008@yahoo.com

ABSTRACT

Water energy is a natural resource that is owned by the Indonesian state and electricity is an essential requirement for human life. Water Energy is an alternative energy that can be converted into electrical energy and pollution-free in order to meet community needs. One type of renewable energy is a small-scale hydropower is often called Power pikohidro (PLTPH). In this study include the design of pico hydro power plant types overshot waterwheel types by utilizing the water resources contained in the irrigation area around the reservoir University of Riau. The design is based on the water flow of 0.02 m³/s and water level of 0.4 m., based on design method was produced the diameter of waterwheel, the number and size of the blades as well as the sizes of penstock. The outside diameter and inside of wheel were 0.6 m and 0.5 m . number of blades were 18 pieces with an area of 0.01 m², penstock sized of 0.01 m wide and 0.01 m, shaft have 19 mm of the diameter, and 1:4 the ratio of the transmission system. Variations discharge 0.005 m³/s, 0.0056 m³/s, 0.0059 m³/s, 0.0065 m³/s. Maximum power output was generated by the waterwheel of 17.68 Watt and efficiency of 38.84%.

Keywords: PLTPH, Design Waterwheel overshot, Efficiency

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dalam kehidupan manusia tiap tahun kian meningkat seiring dengan kemajuan teknologi baik untuk kepentingan rumah tangga atau industri. Ketergantungan yang berlebihan terhadap sumber energi tak terbarukan akan menimbulkan beberapa masalah yang harus dihadapi misalnya: ketersediaan bahan bakar tersebut semakin hari semakin berkurang hingga suatu saat akan habis dan tidak dapat diperbaharui lagi. Satu hal yang perlu juga diperhatikan bahwa penggunaan bahan bakar tak terbarukan tersebut akan menambah jumlah karbondioksida (CO₂) di udara bebas semakin meningkat yang dapat mengganggu dan mencemari kehidupan lingkungan. Masalah pemenuhan kebutuhan akan energi listrik pun dapat diselesaikan dengan membangun sebuah instalasi pembangkit listrik skala pikohidro dan salah satu jenis pembangkit skala pikohidro adalah kincir air. Untuk kebutuhan listrik skala kecil, khususnya di daerah-daerah pedalaman, kincir air masih merupakan alternatif solusi yang bisa diaplikasikan karena bentuknya yang sederhana dan perawatannya yang mudah [1].

Merujuk surat keputusan menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No.1122K/30/MEM/2002 tentang Pembangkit Skala Kecil Tersebar (PSKT) dan pemanfaatan energi baru terbarukan, bahwa penyediaan energi listrik bisa dilakukan tidak hanya dengan suatu pembangkit dalam skala yang sangat besar dan terpusat, namun juga bias terpenuhi dengan memanfaatkan sumber-sumber pembangkit listrik

walaupun dalam skala yang kecil.

Indonesia memiliki banyak potensi untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga air. Karena kondisi topografi Indonesia bergunung, berbukit dan dialiri oleh banyak sungai. Selain itu di daerah-daerah tertentu mempunyai danau atau waduk yang cukup potensial sebagai sumber energi air yang bisa dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) yang mampu menghasilkan energi listrik dalam kapasitas ratusan kilo watt sebagai kebutuhan [2].

Salah satu upaya yang dilakukan untuk menghasilkan listrik adalah pemakaian energi air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) jenis turbin air. Di dalam turbin energi kinetik air dirubah menjadi energi mekanik, di mana air memutar roda turbin. Energi puntir yang dihasilkan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator. Piko hidro ini merupakan teknologi ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi dan limbah atau sisa buangan yang berbahaya [3].

Kincir air adalah suatu mesin fluida yang menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros dengan memanfaatkan energi potensial air. Energi ini selanjutnya diubah menjadi bentuk energi lain seperti energi listrik dengan menggunakan generator. Pada perancangan kincir air, tipe dan dimensi kincir sangat tergantung dari lokasi penempatan kincir, tinggi jatuh air dan kapasitas air yang tersedia. Sehingga agar diperoleh efisiensi yang optimal, maka rancangan kincir air yang beroperasi pada lokasi tertentu akan mempunyai

desain yang spesifik, baik berupa tipe maupun ukuran dimensi yang berbeda dengan lokasi lain [4].

Pada penelitian ini memanfaatkan potensi yang ada disekitaran tempat kita yang tentunya dengan bahan bakunya yang mudah didapat yaitu air, seperti saluran irigasi, sungai kecil yang ada didataran rendah, atau kepulauan yang tidak memiliki bukit-bukit tetapi air yang melimpah. Dalam hal ini kincir air dengan menggunakan sistem saluran irigasi. Pada sistem saluran irigasi, sebagian air diarahkan ke saluran pembawa kemudian dialirkan melalui penampang aliran air yang menyerupai saluran irigasi menuju kincir. Selepas dari kincir, air dikembalikan lagi kealiran semula, sehingga hal ini tidak banyak mempengaruhi lingkungan atau mengurangi air yang keperluan pertanian. Air akan dialirkan ke sudu-sudu kincir yang akan memutar kincir yang telah terhubung dengan *pulley* kemudian *pulley* meneruskan putaran kincir ke generator dengan menggunakan *v-belt*. Putaran inilah yang akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik. Dengan listrik yang di hasilkan ini kita dapat memanfaatkannya untuk kebutuhan sehari-hari.

2. Metode

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di sekitaran waduk kampus Universitas Riau dengan memanfaatkan aliran air dari waduk tersebut. Untuk kondisinya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Berikut adalah tahapan pelaksanaan yang dilakukan pada penelitian ini.

1) Studi literatur

Studi literatur ini merupakan tahap awal dari penelitian. Studi literatur yang dilakukan seperti mengumpulkan teori yang mendukung penelitian ini dan melakukan studi kelayakan hidrologi (pengukuran debit air dan *head*) sebagai data awal perancangan kincir air.

2) Persiapan alat dan bahan

Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam perancangan kincir air dan pengambilan data saat pengujian dilapangan.

3) Survei lokasi

Survei lokasi dilaksanakan dengan tujuan mengetahui potensi yang tersedia di lokasi penelitian, seperti debit, lebar saluran, tinggi jatuh air.

4) Perancangan kincir air

Kincir air dirancang berdasarkan data awal yang didapat saat melakukan survei lokasi penelitian. Dari data survei lokasi dijadikan dasar dalam perancangan parameter-parameter kincir air.

5) Perancangan *penstock*

Perancangan *penstock* (saluran pembawa) dilakukan untuk mencari dimensi *penstock* tersebut. Pada penelitian ini *penstock* berbentuk trapesium.

6) Pembuatan kincir air

Setelah didapatkan dimensi parameter dari perancangan kincir air, tahap selanjutnya dilakukan penggambaran menggunakan *autocad*, kemudian dilakukan tahap produksi dan perakitan.

7) Pengumpulan data

Dalam penelitian ini, data yang akan dikumpulkan sebagai data yang mendukung proses perhitungan adalah sebagai berikut:

- Debit air aktual (Q_{act})
- Kecepatan air di ujung *penstock* (v)
- Putaran poros kincir (n_k)
- Putaran poros transmisi (n_{tm})
- Putaran poros generator (n_g)
- Dimensi parameter kincir air: Diameter kincir, dimensi *penstock*, diameter *pulley*, tinggi dan lebar sudu.
- Tinggi jatuh air (H)
- Jarak *pulley*

8) Pengolahan data

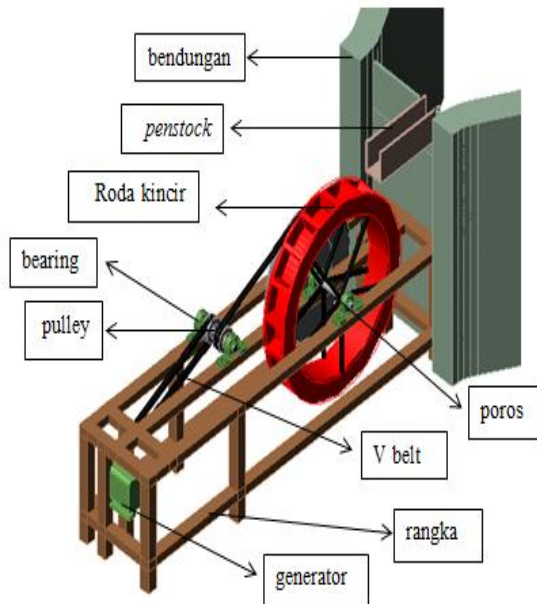
Setelah didapatkan data saat pengujian kemudian data tersebut dilakukan operasi perhitungan sesuai dengan diagram alir perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan prestasi kincir air.

9) Kesimpulan dan saran

Kesimpulan dan saran ini berisikan kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan semua tahapan penelitian dan memberikan saran atau masukan terhadap penelitian selanjutnya.

2.3 Skema Alat Uji

Skema alat uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Alat Uji

3. Hasil

3.1 Spesifikasi Alat Uji

Spesifikasi alat uji yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat Uji

No	Komponen	Parameter	
1	Kincir Air	Diameter luar roda kincir	0,6 m
2		Diameter dalam roda kincir	0,5 m
3		Jumlah sudu	18 buah
4		Lebar sudu	0,1 m
5		Tinggi sudu	0,1 m
6		Lebar penstock	0,1 m
7		Tinggi penstock	0,1 m
8	Generator	Putaran	3000 rpm
9		Tegangan	109 volt
10		Kuat arus	48 Ampere
11		Daya	750 Watt

3.2 Spesifikasi Lokasi

Perancangan pembangkit listrik tenaga piko hidro (pltp) jenis kincir air tipe *overshot* ini dilaksanakan dengan memanfaatkan potensi sumber daya air yang terdapat pada aliran air di waduk Universitas Riau, perancangan didasarkan pada debit yang telah diukur sebelumnya. Spesifikasi dari lokasi pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Lokasi Pengujian

No	Parameter	Ukuran
1	Debit air maksimal (Q)	0,02 m ³ /s
2	Tinggi jatuh air (H)	0,4 m

3	Lebar saluran irigasi (L)	0,8 m
4	Jarak ujung bendungan terhadap kedudukan kincir	0,2 m

Pada penelitian ini daya hidraulik air di lokasi penelitian dihitung dengan mengukur empat variasi debit air yang keluar dari *penstock* dari bukaan penuh, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{1}{4}$ dengan tinggi jatuh air konstan yaitu 0,4 m. Hasil perhitungan daya hidraulik air dilokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Debit Air dan Daya Hidraulik Pada Lokasi Pengujian

No	Debit air (m ³ /s)	Head (m)	Daya hidraulik (Ph) (Watt)
1	0,0116	4	45,52
2	0,0112		43,95
3	0,1191		35,71
4	0,0082		32,18

3.4 Pengujian Kincir Air

Hasil pengujian kincir air dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Kincir Air

No	Debit air (m ³ /s)	Putaran generator (rpm)	Voltase (V)	Kuat arus (I)
1	0,0116	214	10,4	1,7
2	0,0112	208	9,5	1,68
3	0,0091	148	8,6	1,46
4	0,0082	122	7,8	1,35

4. Pembahasan

4.1 Prestasi Kincir Air

Dari hasil pengukuran dan pengujian kincir air kemudian dilakukan operasi perhitungan prestasi kincir air yang meliputi perhitungan daya dan efisiensi kincir air.

1) Daya

Untuk menghitung daya keluaran kincir dapat menggunakan persamaan (1) [5]:

$$P_g = V.I \quad (1)$$

Keterangan:

V = Tegangan (volt)

I = Kuat arus (ampere)

Dimana:

V = 10,4 V (Tabel 3)

I = 1,7 A (Tabel 3)

Maka daya keluaran generator adalah sebagai berikut:

$P_g = 10,4V \cdot 1,7A$

$P_g = 17,68 \text{ Watt}$

2) Efisiensi

Untuk menghitung efisiensi kincir air dapat menggunakan persamaan (2) [6].

$$\eta_s = \frac{P_g}{P_h} \cdot 100\% \quad (2)$$

Dimana:

Daya output generator (P_g) adalah 17,68 Watt.

Daya hidraulik atau potensi daya dilokasi pengujian (P_h) dapat dicari menggunakan persamaan berikut (3) [7].

$$P_h = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (3)$$

Dimana:

Massa jenis air (ρ) = 1000 kg/m³

Debit air (Q) = 0,0116 m³/s (Tabel 3)

Percepatan gravitasi bumi = 9,81 m/s²

Tinggi jatuh air efektif (H_{eff}) = 0,4 m (Tabel 2)

Maka :

$P_h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,0116 \text{ m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,4 \text{ m}$

$P_h = 45,52 \text{ Watt}$

Sehingga nilai efisiensi sistem adalah :

$$\eta_s = \frac{17,68 \text{ Watt}}{45,52 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta_s = 38,84 \%$$

Berdasarkan operasi perhitungan yang telah dilakukan didapatkan prestasi kincir air pada pengujian ini, prestasi kincir dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Efisiensi Sistem Kincir

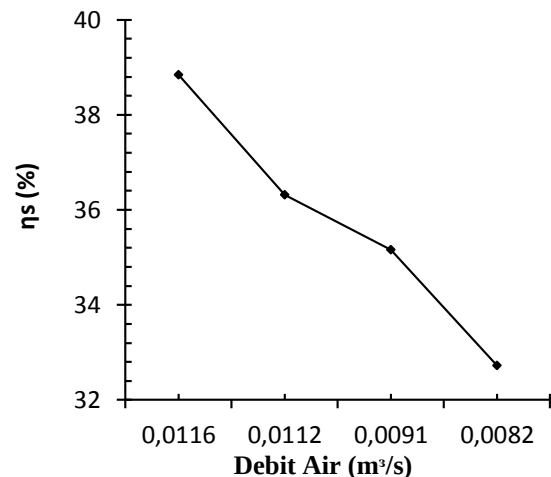
No	Debit Q (m ³ /s)	Putaran Generator n (rpm)	Voltase v (v)	Kuat Arus I (A)	Daya Kincir P_g (Watt)	Daya Hidraulik P_h (Watt)	Efisiensi η_s (%)
1	0,0116	214	10,4	1,7	17,68	45,52	38,84
2	0,0112	208	9,5	1,68	15,96	43,95	36,31
3	0,0091	148	8,6	1,46	12,56	35,71	35,16
4	0,0082	122	7,8	1,35	10,53	32,18	32,73

4.2 Analisa Secara Grafik

Berdasarkan perhitungan serta pengukuran yang telah dilakukan pada pengujian kincir air jenis *overshot* didapat bahwa semakin besar debit air yang diterima oleh kincir air maka akan berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh kincir air.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan 4 (empat) variasi debit yang berbeda, debit air tertinggi pengujian ini 0,0116 m³/s menghasilkan efisiensi sistem (η_s) ±38,84%, debit air 0,0112 m³/s menghasilkan efisiensi sistem (η_s) ±36,31%, debit air 0,0091 m³/s menghasilkan efisiensi sistem (η_s) ±35,16% dan debit air terendah pengujian ini 0,0082 m³/s menghasilkan efisiensi sistem (η_s) ±32,73% hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari hasil penelitian dan perhitungan nilai efisiensi (η) dihasilkan nilai yang sangat rendah yaitu berkisar antara 32-38%. Hal ini disebabkan kincir air tidak bekerja optimal karena debit air kecil tidak sesuai dengan rancangan awal alat (kincir air) yang dirancang dengan debit 0,02 m³/s, sehingga kapasitas energi untuk menggerakkan kincir air kurang. Dengan kurangnya kapasitas energi air dalam menggerakkan kincir air, mengakibatkan alat tidak bekerja optimal dan berdampak terhadap penurunan prestasi kincir tersebut.



Gambar 3. Grafik Debit Air (Q) Terhadap Efisiensi Sistem (η_s) Kincir Air

5 Simpulan

Dari hasil penelitian, pengukuran dan perhitungan yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kincir air yang dirancang adalah kincir air tipe *overshot* dengan diameter luar kincir 0,6 m, diameter dalam kincir 0,5 m, lebar kincir 0,1 m dan jumlah sudu kincir 18 buah.
2. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh daya maksimal yang dihasilkan kincir air adalah 17,68 Watt dengan efisiensi 38,84 % pada debit maksimum 0,0116 m³/s.

Daftar Pustaka

- [1] Arismunandar, Wiranto. 1997. *Penggerak Mula Turbin*. Edisi ke Dua Cetakan ketiga. Penerbit ITB. Bandung.
- [2] Luknanto, Joko. 2007. *Diktat Kuliah: Bangunan Tenaga Air*. UGM. Yogyakarta.
- [3] Zulhijal, K. 2011. *Perancangan Kincir Air Untuk PLTA Mini di Kanagarian Sungai Batuang*. Jakarta: Universitas Bung Hatta Indonesia
- [4] Patty, O. 1995. *Tenaga Air*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Soeparlan, Soepono & Yahdi, Umar. 1995. *Seri Diktat Kuliah: Teknik Rangkaian Listrik*. Jilid I. Gunadarma. Jakarta.
- [6] Round, G.F. 2004. *Incompressible Flow Turbomachines*. Oxford: Gulf Propesional Publishin.
- [7] White, F.M. 2003. *Fluid Mechanics*. 4th Edition. McGrawHill. New York.