

ANALISIS DAYA OUTPUT DAN EFISIENSI KINCIR AIR SUDU MIRING YANG BEKERJA PADA SALURAN HORIZONTAL

Rahmat Hidayat Boli^a, Abdul Makhsud^b, Mahmuddin Tahir^c

^aTeknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gorontalo
Jl. A. A. Wahab No.247 Limboto, Gorontalo

^bTeknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Inspeksi Kanal No.2, Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan

^cTeknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Inspeksi Kanal No.2, Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan
E-mail: rahmad.h73@yahoo.com

Abstract

Water wheels angle blade shape with a diameter of 1,000 m wheels, blade length of 0.25 m, and a blade width of 0.3 m. This study aims to determine the power and efficiency of the waterwheel. To test the water mill, then made a model of open channel with a channel length of 12.25 m, a width of 0.334 m channel, channel height of 6.0 m, and the angle of 450. The waterwheel power and efficiency can be determined by varying the flow rate of 0.050 m³/s to 0,032 m³/s at a load of 2 kg to 8 kg. Measurement of the flow rate by method of filling the bucket with a bucket volume 50 L. To determine the flow rate through the duct bucket volume divided by the time it takes to fill the bucket.

Keywords: Water Wheels, Blade Angle, Power and Efficiency.

Abstrak

Kincir air bentuk sudu miring dengan diameter roda 1,000 m, panjang sudu 0,25 m, dan lebar sudu 0,3 m. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya dan efisiensi kincir air. Untuk menguji kincir air tersebut, maka dibuatkan model saluran terbuka dengan panjang saluran 12,25 m, lebar saluran 0,334 m, tinggi saluran 6,0 m, dan sudut kemiringan 450. Daya dan efisiensi kincir air dapat diketahui dengan memvariasikan debit aliran 0,050 m³/s sampai 0,032 m³/s pada beban 2 kg sampai 8 kg. Pengukuran debit aliran dengan metode mengisi ember dengan volume ember 50 L. Untuk mengetahui debit aliran yang melalui saluran maka volume ember dibagi dengan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi ember tersebut.

Keywords: Kincir Air, Sudu Miring, Daya dan Efisiensi.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik Indonesia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Pembangkit Listrik Negara (PLN) berusaha semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Namun nyatanya saat ini masih banyak warga Indonesia yang belum menikmati energi listrik terutama warga pedesaan yang jauh dari jangkauan listrik Negara.

Pertumbuhan jumlah penduduk yang berbanding terbalik dengan kebutuhan energi listrik. Dalam menyikapi pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat, maka energi terbarukan dapat olah semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan listrik dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam.

Indonesia saat ini hanya mengandalkan energi listrik berbahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batu bara yang jumlahnya sangat terbatas dan beberapa tahun kemudian akan habis. Energi baru terbarukan seperti tenaga angin, tenaga air, dan tenaga surya yang berpotensi dikembangkan di wilayah Indonesia khususnya daerah pedesaan yang kaya akan sumber daya alam.

Secara nasional, ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar meter kubik per tahun yang dapat dimanfaatkan, namun faktanya saat ini baru sekitar 23 persen yang telah termanfaatkan. Dari 23 persen tersebut hanya sekitar 20

persen yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan kota dan industri, selebihnya 80 persen dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air yang memiliki kapasitas aliran yang cukup. Umumnya selama ini energi air yang digunakan sebagai pembangkit listrik adalah air dengan tinggi jatuh dan debit besar yang dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Sedangkan energi air dengan tinggi jatuh dan debit kecil belum banyak dimanfaatkan, wilayah Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga air dengan tinggi jatuh dan debit relatif kecil.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial, yang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau roda air. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik, sedangkan kincir untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung, kemudian dikonversi menjadi energi listrik [2].

Penelitian dilakukan yang akan mengungkap seberapa besar kemampuan roda air menerima energi kinetik air. Menurut tipenya roda air terbagi atas tiga bagian yaitu roda air *overshot*, *undershot*, dan *breastshot*. Dalam penelitian ini dengan menggunakan roda air tipe *undershot* untuk mengetahui berapa besar prestasi yang dihasilkan oleh roda air bentuk sudu segitiga terhadap tinggi permukaan pada saluran horizontal.

Tujuan penelitian yang hendak dicapai adalah untuk mengetahui prestasi kincir air dengan variasi debit aliran pada sudu miring terhadap daya output dan efisiensi kincir air serta menggambarkan kurva pencapaian.

2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

2.1 MATERIAL

Pengujian kincir air tipe *breastshot* yang dilakukan dengan menggunakan jumlah sudu yang berbeda yakni sudu 10, 8, dan 6. Dengan masing-masing sudut sudu sebesar 0° , 30° , dan 45° . Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa jumlah sudu 8 dengan sudut sudu 45° , dengan nilai putaran maksimal sebesar 166,147 rpm dan daya listrik yang dihasilkan sebesar 0,381 watt serta efisiensi maksimal sebesar 48,962% [3].

Penelitian sebelumnya mengemukakan dalam hasil penelitian bahwa variasi tebal sudu dari 3, 6, 9, dan 12 dengan debit air sebesar 10-20 m³/jam, berpengaruh terhadap kinerja yang dihasilkan oleh daya poros dan efisiensi kincir air tipe sudu datar [4].

1. Kincir air merupakan sarana utama untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa perputaran poros pada kincir air yang akan memutar generator penghasil listrik. Penggunaan kincir air sampai sekarang perkembangannya semakin meningkat dikarenakan model dan konstruksinya sederhana serta perawatannya terhitung murah maupun pengoprasiaannya. Kincir air dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam sesuai dengan gaya gerak yang dimiliki yakni (1) kincir air *Overshot*, (2) kincir air *Undershot*, dan (3) kincir air *Breastshot* [5]

Hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya menyatakan bahwa arus air yang mengalir mengandung energi dengan melalui sebuah kincir air. Potensi energi air tersebut dapat diubah bentuknya berupa energi kinetik aliran menjadi energi mekanik [6].

2. Energi Potensial air yaitu bentuk energi yang dimiliki air dengan massa m (kg) dengan energi yang timbul disebabkan oleh pengaruh dari gravitasi bumi g (m/s²) yang di definisikan seperti pada persamaan (1) :

$$E_p = m \times g \times h \quad (1)$$

3. Selain memanfaatkan air jatuh, tenaga air (*hydropower*) dapat diperoleh dari aliran air horizontal. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik.

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \quad (2)$$

4. Debit aliran adalah banyaknya air yang mengalir melalui penampang saluran terbuka tiap satuan waktu. Debit aliran dapat dihitung dalam bentuk persamaan 3:

$$Q = \frac{v}{t} \quad (3)$$

Sedangkan untuk menghitung kecepatan aliran air dapat digunakan persamaan 4:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

$$A = L_{\text{sudu}} \times T_{\text{dalam saluran}} \quad (5)$$

5. Daya air

Besar daya air (N_A) yang diterima oleh roda air adalah daya aliran horizontal sehingga roda air menghasilkan momen putar pada poros. Daya keluaran yang dihasilkan oleh kincir air tergantung pada kecepatan aliran air dan debit aliran air. Sehingga daya keluaran tersebut dapat dihitung dengan persamaan 6:

$$N_{\text{Air}} = \frac{1}{2} \times \rho \times a \times v^3 \quad (6)$$

6. Daya roda air dan efisiensi kincir air

Proses perubahan energi kinetik menjadi energi mekanik akan membuat kincir berputar. Sehingga kincir akan bergerak secara berotasi, hal ini dinamakan dengan momen putar yang diterima poros kincir. Maka daya yang dapat dihasilkan kincir dapat dituliskan dengan persamaan 7:

$$N_{\text{KA}} = T \times \omega \quad (\text{Watt}) \quad (7)$$

$$T = m \times g \times r \quad (\text{N/m}) \quad (8)$$

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (\text{rad/s}) \quad (9)$$

Atau dengan memasukkan persamaan kecepatan sudut secara langsung dapat ditulis dengan bentuk persamaan 10:

$$N_{\text{KA}} = \frac{T \times 2 \times \pi \times n}{60} \quad (10)$$

Secara umum, unjuk kerja (*performance*) suatu peralatan konversi energi termasuk kincir air dapat dinyatakan dengan efisiensi (η) dan dapat dituliskan dalam persamaan 10:

$$\eta_{\text{KA}} = \frac{N_{\text{KA}}}{N_a} \times 100 \% \quad (11)$$

2.2 METODE PENELITIAN

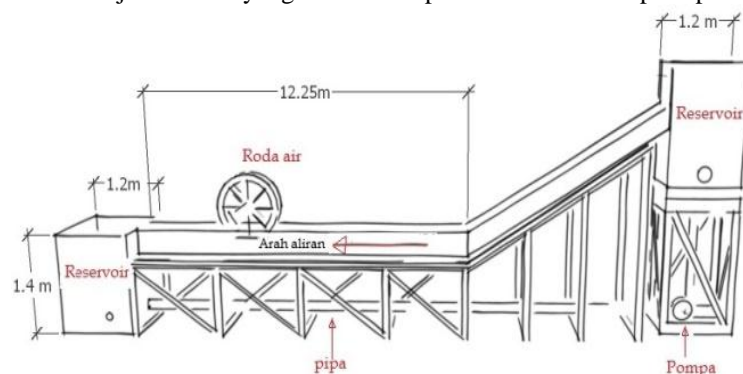
1. Tempat dan waktu penelitian

Model kincir air yang diteliti dilakukan di laboratorium Peungujian Mesin-mesin Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia Makassar. Pengujian kincir air dengan metode pengujian sudu miring untuk mengetahui seberapa besar daya output dan efisiensi kincir air yang dihasilkan. Geometri saluran terbuka yang menyerupai model saluran irigasi seperti Gambar 1, sudu kincir air yang dirancang menggunakan bahan utama yaitu *Acrylic*. Pembuatan instalasi pengujian kincir air dengan bentuk sudu miring dimulai pada bulan November 2017 sampai bulan Januari tahun 2018.

2. Geometri saluran

Saluran air menggunakan multiplek dengan model saluran terbuka yang menyerupai saluran irigasi dengan panjang saluran 12,25 m, lebar 0,334 m, tinggi saluran 4 m, dan sudut kemiringan 45° .

Dengan metode air disirkulasikan dari reservoir 1 dengan pompa isap merk Honda dengan kapasitas isap 1000 m^3/menit ke reservoir 2 untuk meujuh saluran yang akan menerima sudu kincir air seperti pada Gambar 1



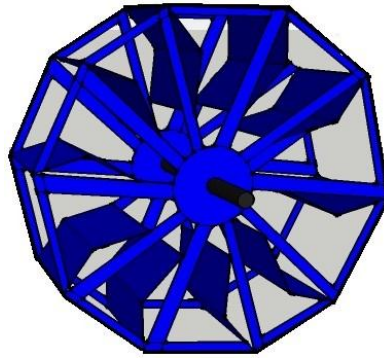
Gambar 1. Skema Saluran Kincir Air

Skema saluran terbuka pada Gambar 1 memiliki komponen sebagai berikut :

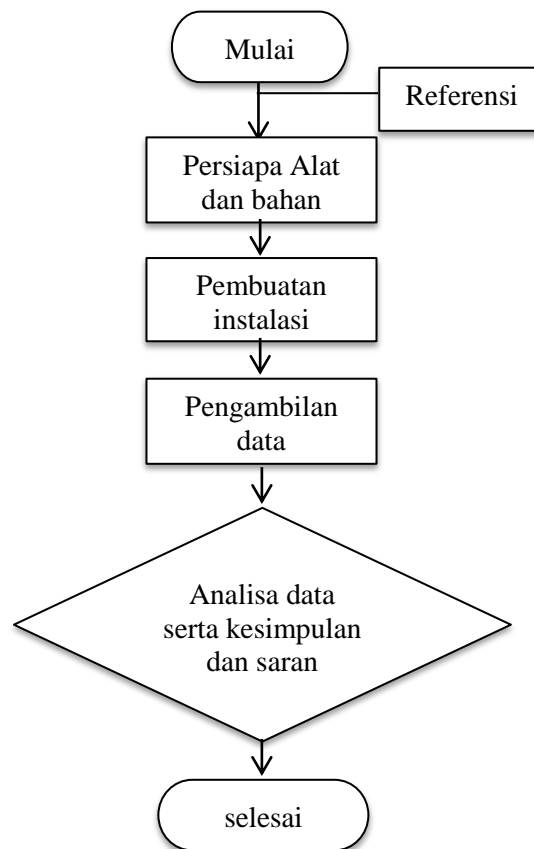
(1a) bak penampungan 1 (1b) bak penampungan 2 (2) pompa isap (3) pipa penyuplai air (4) kincir air.

3. Geometri kincir air

Kincir air dengan bahan utama *acrylic*, diameter kincir air 1 m, lebar sudu 0.3 m dan tinggi 0.25 m seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kincir Air Sudu Miring



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 PERHITUNGAN

Pengukuran debit aliran menggunakan metode ember (*bucket*) dengan volume ember sebesar $0,05 \text{ m}^3$ dengan membagi waktu yang dibutuhkan untuk mengisi ember tersebut.

- Data pengukuran

Volume ember (V)	=	$0,05 \text{ m}^3$
Tinggi air dalam saluran(h)	=	$0,08 \text{ m}$
Lebar saluran (B)	=	$0,334 \text{ m}$
Luas penampang (A)	= Bxh	$= 0,334 \times 0,08 = 0,02672 \text{ m}^2$

$$\text{Debit aliran } Q = \frac{V}{t} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

t = waktu rata-rata (s)

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}$$

$$\bar{t} = \frac{1,00 + 0,93 + 1,03 + 1,07}{4} = 1,01 \text{ s}$$

$$Q = \frac{0,05 \text{ m}^3/\text{s}}{1,01 \text{ s}}$$

$$= 0,050 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2 DAYA DAN EFISIENSI KINCIR AIR

Sebagai contoh perhitungan untuk daya dan efisiensi kincir air pada beban 2 kg dengan data pengukuran sebagai berikut:

Putaran poros maksimum sebesar 42,23 rpm dengan beban poros sebesar 2 kg.

Temperatur air (t_a)	= 31 ⁰ c
Massa jenis air (ρ)	= 995 kg/m ³
Lebar sudu (I)	= 0.3 m
Jarak sudu dengan dasar saluran (y)	= 0.005 m
Tinggi air dalam saluran (h)	= 0.08
Jari-jari pully (r)	= 0.06 m
Kecepatan aliran (V)	= 1.871 m/s
Debit aliran (Q)	= 0.050 m ³ /s

1. Daya air (N_a)

Besar daya air (N_a) yang menumbuk sudu kincir air dengan persamaan (5) dinyatakan sebagai berikut:

$$N_a = \frac{1}{2} \times \rho \times a \times v^3$$

$$a = I \times (h - y)$$

$$0.5 \times 995 \times [(0.3 \times (0.08 - 0.005))] \times 1.871^3$$

$$0.5 \times 995 \times 0.023 \times 1.871^3$$

$$N_a = 73,316 \text{ watt}$$

Daya air yang diterima oleh sudu kincir air sebesar 73,316 watt dengan beban poros sebesar 2 kg pada debit 0,050 m³/s.

2. Daya kincir air (N_{KA})

Besar daya kincir air (N_{KA}) yang menumbuk sudu kincir air dengan persamaan (9) dinyatakan sebagai berikut:

$$N_{KA} = \frac{2 \times m \times g \times r \times \pi \times n}{60}$$

$$N_{KA} = \frac{2 \times 2 \times 9,81 \times 0,060 \times 3,14 \times 42,23}{60}$$

$$N_{KA} = 5,204 \text{ watt}$$

Sehingga daya kincir air sebesar 5,204 watt dengan beban poros sebesar 2 kg.

3. Efisiensi roda air (η)

Efisiensi roda dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 10.

$$\eta_{KA} = \frac{N_{KA}}{N_a} \times 100\%$$

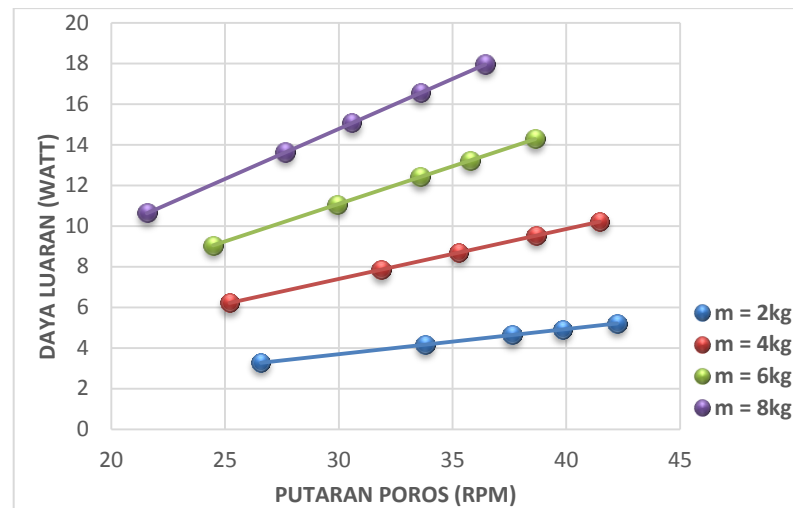
$$= \frac{5,204 \text{ watt}}{73,316} \times 100\%$$

$$= 7,098 \%$$

3.3 PEMBAHASAN

1. Daya kincir air

Pada Gambar (4) menunjukkan peningkatan daya kincir air (N_{KA}) dengan meningkatkan debit aliran pada beban poros yang konstan. Karena adanya peningkatan debit aliran maka gaya tumbukan air yang diterima semakin besar pula.



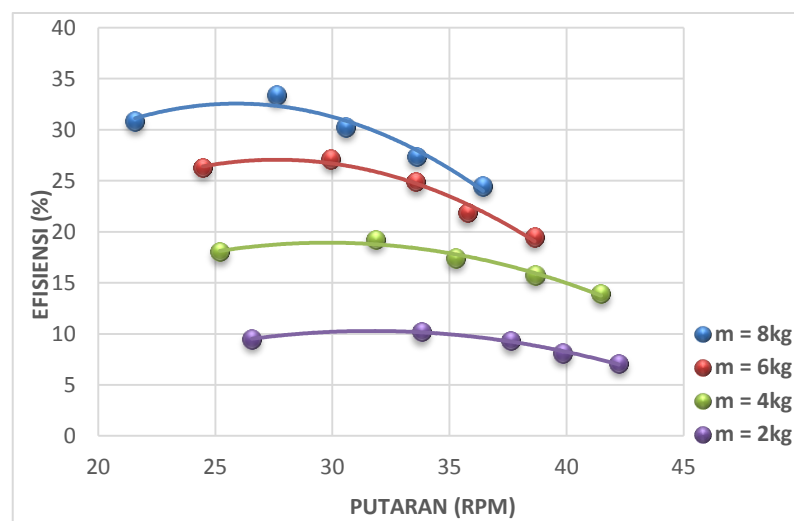
Gambar 4. Grafik Hubungan daya kincir air (N_{KA}) terhadap Putaran (rpm).

Gaya yang dihasilkan oleh tumbukan air pada sudu efektif menyebabkan kincir air dapat bergerak secara tangensial. Kecepatan tangensial pada kincir air meningkatkan daya kincir air dengan mengabaikan momen balik karena dianggap kecil dan kerugian aliran pada dinding saluran sangat tipis. Sehingga tumbukan air pada sudu efektif dapat bekerja dengan maksimal seperti pada Gambar 4.

Debit aliran $0,050 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $0,032 \text{ m}^3/\text{s}$ pada beban 2 kg, 4 kg, 6 kg dan 8 kg, kincir air bentuk sudu miring menghasilkan daya kincir air sebesar 17,955 Watt sampai 3,273 Watt pada beban 8 kg.

2. Efisiensi kincir air (η)

Debit aliran $0,050 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $0,032 \text{ m}^3/\text{s}$ pada beban 2 kg sampai dengan 8 kg, bentuk sudu miring menghasilkan efisiensi 33,368 % sampai dengan 7,098 % pada beban 8 kg seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Efisiensi η (%) terhadap Putaran (rpm)

Pada Gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa efisiensi kincir air yang efektif bekerja pada beban 8 kg dengan debit $0,036 \text{ m}^3/\text{s}$, sehingga efisiensi yang dihasilkan sebesar 33,368 % dan daya aliran air sebesar 40,815 watt serta daya kincir air sebesar 13,619 watt.

Semakin besar beban yang diberikan pada poros kincir air, maka putaran kincir air semakin rendah. Hal tersebut diakibatkan karena adanya gaya friksi yang terjadi pada poros kincir air.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan, Daya yang dihasilkan semakin besar dengan meningkatkan debit aliran pada bentuk sudu miring. Daya maksimal sebesar 17,955 watt pada debit $0,050 \text{ m}^3/\text{s}$. Efisiensi maksimal dihasilkan sebesar 33,368 % pada debit $0,036 \text{ m}^3/\text{s}$. seiring dengan peningkatan debit yang besar, maka efisiensi cenderung menurun.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk pengembangan pembangkit listrik skala rumah tangga, dapat dikembangkan untuk skala yang lebih besar dan dapat dilakukan di sungai yang memiliki debit dan kecepatan aliran yang cukup besar.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Ir. Faisal Habib, MT selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik UMI yang telah memberikan izin melakukan penelitian dilaboratorium Pengujian Mesin-mesin. Ir. Muhammad Syahrir, MT selaku kepala laboratorium Pengujian Mesin-mesin yang telah memberikan izin menggunakan pasilitas alat-alat yang digunakan dalam penelitian. Dr. Ir. Mahmuddin., MT selaku ketua Program studi Magister Teknik Mesin Pps UMI Makassar. Terima kasih kepada teman-teman yang tidak dapat disebut satu persatu namanya yang membantu dalam proses penelitian ini sehingga penelitian ini terselesaikan.

Daftar Pustaka

- [1] Samekto, C. dan Sofian, E. 2016., “Potensi Sumber Daya Air di Indonesia”.
- [2] Hangga Putra Prabawa, Mungsidi, Moh. Yusuf, Oktarina Heriyani (2016) “Pengaruh Variasi Ukuran Diameter *Nozzle* Terhadap daya dan efisiensi kincir Air Sudu datar, p-ISSN : 2407 – 1846.
- [3] Fachruddin, Adi Syuriadi , Ainun Nidhar, Febri Ramdhan dan Rian Aji Candra 2015., “Pengujian Variasi Jumlah Dan Sudut Bilah Kincir Air Tipe *Breastshot*”.
- [4] Slamet Wahyudi, Dhimas Nur Cahyadi, dan Purnami 2012, “Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar”.
- [5] Khurmi R. S. 1985, “Hydraulics, Fluid Mechanics and Hydraulic Machines” Fourteenth Edition, S. Chand & Company LTD. New Delhi.
- [6] Havendri, A. dan Lius, H. 2009., “Perancangan Dan Realisasi Model Prototipe Turbin Air Type Screw (Archimedean Turbine) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Head Rendah Di Indonesia”.
- [7] Makhsud, A. 2012., Mekanika Fluida Teori dan Aplikasi. Kretakupa print. Makassar.
- [8] Frank M. White., 2009., “Fluid Mechanics, seventh Edition”. Americas, New York.
- [9] Himran, S. 2006., Dasar – Dasar Merencana Turbin Air”, Bintang Lamumpatue, Makassar.
- [10] Munson, Bruce R., Young, Donald F., Okiishi, Theodore H., Huebsch, Wade W. 1970 “Fundamentals of Fluid Mechanics, Sixth Edition” Printed in the United States of America.
- [11] Viktor L. Streeter dan E. Benjamin Wyle 1996., “ Mekanika Fluida edisi delapan” Penerbit Erlangga.