



## Simulasi Sudut Serang Aliran Air Terhadap Kincir Air Aliran Bawah

Muhamad Sauf<sup>1)</sup>, Ridway Balaka<sup>2)</sup>, La Hasanudin<sup>3)</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unuversitas Halu Oleo

<sup>2,3</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Unuversitas Halu Oleo

Jl. H.E.A Mokodompit Kampus Baru Tridharma Anduonohu, Kendari

Email Penulis: muhsauf@gmail.com

### Article Info

Available online December 14, 2019

### Abstrak

Kincir air menjadi salah satu solusi untuk menambah kebutuhan pasokan listrik terutama pada daerah-daerah yang tidak mampu dijangkau jaringan listrik yang memiliki sumber air yang cukup. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan kedalam pencelupan sudu dan kemiringan sudu terhadap daya dan efisiensi kincir air aliran bawah. Model kincir air yang dibuat adalah tipe undershot jumlah sudu 16 buah. Ukuran diameter luar kincir 0,2 m dan diameter dalam 0,12 m. Sudu berbentuk datar dengan ukuran (0,04x0,04) m. Kincir dibuat sebanyak 3 buah dengan perbedaan kemiringan sudut sudu yaitu 0° dari poros, 10° dari poros, dan 20° dari poros. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pencelupan sudu 0,01 m diperoleh daya 0,16 Watt dan efisiensi 12,24%, pada pencelupan sudu 0,02 m diperoleh daya 0,162 Watt dan efisiensi 12,42%, dan pencelupan 0,03 m diperoleh daya 0,176 Watt dan efisiensi 13,45%. Sedangkan pada kemiringan sudut sudu 00 diperoleh daya 0,16 Watt dan efisiensi 12,24%, pada kemiringan sudut sudu 100 diperoleh daya 0,302 Watt dan efisiensi 23,1%, dan pada kemiringan sudut sudu 200 diperoleh daya 0,447 Watt dan efisiensi 34,18%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin dalam pencelupan sudu semakin besar pula daya dan efisiensi kincir, dan semakin miring sudut sudu maka akan semakin besar pula daya dan efisiensi kincir.

**Kata kunci:** Kincir air, sudu, sudut daya, dan efisiensi

### Abstract

*Waterwheels become one of the solutions to increase the need for power supplies especially in areas that are not able to reach electrical networks that have sufficient water resources. The research aims to determine the influence of change into the dyeing of the blade and slope of the blade angle to the power and efficiency of the lower flow waterwheel. The manufactured waterwheel model is an undershot type of 16-piece blade. The outer diameter of the Ferris wheel is 0.2 m and the diameter is 0.12 m. Blade is flat in size (0, 04x0,04) m. The Ferris wheel is made up as many as 3 pieces with a tilt difference of the blade angle of 00 from the shaft, 100 of the shaft, and 200 of the shaft. The results showed that on immersion blade 0.01 m obtained power 0.16 Watt and efficiency 12.24%, in blade dyeing 0.02 m obtained power 0.162 Watt and efficiency 12.42 %, and dyeing 0.03 m obtained power 0.176 Watt and efficiency 13.45 %. While at the slope of a blade angle is obtained by 0.16 Watt power and efficiency 12.24 %, on the slope of blade angle of 100 acquired power 0.302 Watt and efficiency 23.1 %, and at the slope of a blade angle 200 acquired power 0.447 Watt and efficiency 34.18 %. So it can be said that the more in the immersion blade the greater the power and efficiency of the Ferris wheel, and the more oblique blade angle then the greater the power and efficiency of the windmill.*

**Keywords:** Waterwheel, blade, angle, power, and efficiency

## 1. Pendahuluan

Upaya pencarian energi alternatif selain energi fosil dan ketersediannya dapat terbarukan telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti Matahari, angin, dan air. Sumber alami akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan. Sumber energi alternatif adalah sumber energi sebagai pengganti sumber energi yang tak terbarui. Semua sumber energi terbarui termasuk sumber energi alternatif. Sumber energi terbarui (*renewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang dapat dengan cepat di isi kembali oleh alam, proses berkelanjutan. Berikut ini adalah yang termasuk sumber energy terbarui, yaitu: Matahari, angin, air, biomass, dan panas Bumi [1].

Data sejarah menunjukkan bahawa prinsip konversi energi air menjadi energi mekanik telah dikenal sejak lebih 2500 tahun yang lalu dengan memulai digunakannya kincir air sederhana yang terbuat dari kayu sebagai mesin pembangkit tenaga. Penggunaan kincir air diawali dari India, kemudian berkembang ke Mesir, dan berlanjut ke Eropa dan seterusnya meramba ke Amerika. Rancangan yang sistematis dari kincir air dimulai abad ke 18 dimana banyak dilakukan riset untuk meningkatkan kinerja kincir air yang dirancang secara teoritik, dikembangkan oleh poncelet dan banyak digunakan di Inggris pada awal abad 19 [2].

Beberapa penelitian yang mendukung dalam penelitian ini yaitu Analisis Perilaku Aliran Terhadap Kinerja Roda Air Arus Bawah Untuk Pembangkit Listrik Skala Pikohidro. Kecepatan air rata-rata 2,50 m / s, poros rotasi rata-rata 79,78 rpm, torsi rata-rata pada poros 58,98 Nm, daya rata-rata 510,67 W [3].

Analisis Daya Output Dan Efisiensi Kincir Air Sudu Miring Yang Bekerja Pada Saluran Horizontal. 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 [4].

Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik. Kecepatan putaran kincir tertinggi pada H1h1 (tinggi dasar kincir 1 cm terhadap dasar saluran dan 1 cm tinggi pintu air di hilir saluran)

yaitu sebesar 13,76 RPM. Energi tertinggi yang didapat dengan menggunakan alat *torque tester* pada H1h1 (tinggi dasar kincir 1 cm terhadap dasar saluran dan 1 cm tinggi pintu air di hilir saluran) yaitu sebesar 78,30 cNm atau 0,0002175 wathour [5].

Kincir air digerakkan oleh tenaga aliran air yang beraliran deras yang dapat menyebabkan terdorongnya sudu-sudu kincir sehingga kincir berputar pada porosnya, yang kemudian pada poros kincir dipasang puli. Dimana putaran dari puli akan di teruskan ke generator menggunakan sabuk. Putaran tersebut akan memutar kumparan dari generator yang akan mendorong garis-garis medan magnetnya. Gerakan inilah yang menimbulkan gaya gerak listrik (GGL) [6].

Ada beberapa tipe kincir air yaitu :

a. Kincir air *Overshot*

Kincir air tipe *overshot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas kincir [2].

b. Kincir Air *Undershot*

Kincir air tipe *undershot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah kincir [2].

c. Kincir Air *Breastshot*

Kincir air tipe *breastshot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian tengah kincir [2].

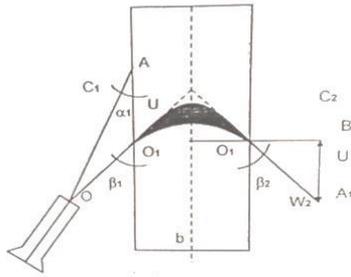
d. Kincir Air Tub

Kincir air Tub merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horizontal dan sudu-sudunya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe *overshot* maupun tipe *undershot*. Karena arah gaya dari pacuan air menyamping maka, energi yang diterima oleh kincir yaitu energi potensial dan energi kinetik [2].

Diagram kecepatan yang keluar terdiri dari kecepatan keluar  $C_2$ ,  $U$  dan  $W_2$ . Didalam diagram segitiga masuk  $W_1$  dan sudut beta satu sudah dapat ditemukan, sehingga besar dan arah  $W_2$  dan sudut beta dua pada diagram segitiga kecepatan keluar dapat ditentukan. Jika tanpakerugian pada pada sudu jalan maka  $W_2 = W_1$ . Arah  $W_2$  ditentukan oleh sudut beta dua yang besarnya :

$$\beta_2 = \beta_1 - 3 s / d 60 \quad (1)$$

Adapun lukisan diagram segitiga kecepatan adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram segitiga kecepatan [7].

Menurut ilmu ukur Planimetri maka suatu segitiga dapat dilukiskan jika diketahui dua sisinya dan sudut apit kedua sisi tersebut. Kedua sisi itu adalah U dan  $C_1$  yang seakan-akan bertemu pada satu titik. U dan  $C_1$  adalah besar vektor, sehingga U dan  $C_1$  mempunyai arah dan besar. Oleh sebab itu maka U dan  $C_1$  dapat digeser kesepanjang garis kerjanya tanpa merubah besarnya.

Arah  $C_1$  membentuk sudut alfa satu terhadap roda sudu jalan, sehingga arah U sejajar dengan roda sudu. Berikut cara melukis diagram segitiga kecepatan:

1. Geserlah  $C_1$  pada garis kerjanya, yang membentuk sudut alfa satu terhadap arah kerja U.
2. Ukurlah besar  $C_1$  dari titik pertemuan  $C_1$ , dan U yakni titik A.  
AO = Panjang C  
AO<sub>1</sub> = Panjang U
3. Hubungkan titik O dan O<sub>1</sub>  
OO<sub>1</sub> = Panjang W<sub>1</sub>  
W<sub>1</sub> membentuk sudut beta satu terhadap U [7].

## 2. Metode Penelitian

Berikut adalah pengambilana data:

- a. Mengumpulkan data tentang desain kincir air tipe *undershot*
- b. Menyiapkan alat berupa kincir air tipe *undershoot* dengan ukuran:
  - 1) Diameter luar 20 cm
  - 2) Diameter dalam 12 cm
  - 3) Poros kincir menggunakan besi beton dengan diameter poros 0,6 cm

4) Jumlah sudu 16 buah dengan ukuran 4 cm x 4 cm

5) Kincir yang di desain ada tiga buah dengan kemiringan sudu ( $0^0$ ,  $10^0$ ,  $20^0$ )

- a) Menyiapkan media saluran air air (*Multi Purpose Teaching Flume*) untuk simulasi pengujian kincir air
- c. Mengukur panjang aliran air lebar saluran dan kedalam air untuk mendapatkan debit aliran air.
- d. Meletakkan kincir air pada media saluran air dengan memfariasikan kedalam sudu masuk dalam air (3 cm, 2 cm, dan 1 cm) dan kemiringan sudu kincir ( $0^0$ ,  $10^0$ , dan  $20^0$  setiap 5 kali pengukuran putaran.
- e. Setelah itu mengukur putan kincir yang di hasilkan dari setiap fariasi yang akan di amati dengan menggunakan alat ukur *Tachometer*.
- f. Tahapan proses perhitungan hasil, pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar daya tertinggi yang dihasilkan pada perubahan kemiringan sudu kincir, kedalam sudu kuncir masuk dalam air dan kemiringan sudu serang pada kincir air tipe *Undershot*.

Adapun model fisik kincir air yang akan dibuat yaitu sebagai berikut :



Gambar 2. Bentuk Fisik Kincir yang Dibuat

Pada Penelitian ini parameter perhitungan yang digunakan ialah parameter kincir air tipe *undershot*, sehingga parameter perhitungan yang digunakan ialah sebagai berikut :

Penentuan Jenis Aliran

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \quad (2)$$

Dimana:

Re = Bilangan Reinold

v = Kecepatan Fluida (m/s)

D = Diameter Dalam Pipa (m)

$\rho$  = Rapat Massa Fluida ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $\mu$  = Viskositas Dinamik Fluida ( $\text{kg/ms}$ )  
 Kecepatan Aliran ( $v$ )  

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

Dimana:

$Q$  = Debit Aliran Air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $A$  = Luas Penampang Saluran ( $\text{m}^2$ )  
 Debit Aliran yang Menganai Sudu ( $Q$ )

Debit aliran yang dimaksud disini adalah perkalian antara lusa permukaan sudu yang mengenai sudu dikalikan dengan kecepatan aliran air. Dirumusakan dengan :

$$A = y \times l \quad (4)$$

Dimana:

$y$  = Kedalam Pencelupan Air (m)

Maka:

$$Q = A \times v \quad (5)$$

Daya Air (Pair)

Daya air adalah energi yang terdapat pada air yang mengalir per satuan waktu. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{\text{air}} = \rho \times g \times Q \times h \quad (6)$$

Dimana:

$g$  = Garafitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )  
 $Q$  = Debit ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $v$  = Kecepatan aliran ( $\text{m/s}$ )  
 $h$  = ketinggian jatuh Air (m)

Gaya Dorong Kincir air

Gaya yang diakibatkan oleh aliran arus air merupakan gaya yang paling menentukan agar kincir dapat berputar atau bekerja dengan baik. Karena kincir air akan berputaran dengan maksud menggerakkan motor listrik yang akan menghasilkan listrik. Besarnya gaya dorong agar kincir berputaran dipengaruhi oleh kecepatan aliran air dan luas sudu yang menerima kecepatan aliran air. Gaya dorong kincir di bagi dua jenis :

1) Gaya Fluida yang Berada Di Depan Sudu

$$F_{\text{dorong}} = A \times \rho \times v^2 \quad (7)$$

Dimana :

$\rho$  = Massa Jenis Air ( $\text{Kg/m}^3$ )  
 $A$  = Luas Permukaan ( $\text{m}^2$ )  
 $v$  = Kecepatan aliran ( $\text{m/s}$ )

2) Gaya Fluida yang Bekerja Di Belakan Sudu

Putaran kincir air *undershoot* tidak dapat maksimal dikarenakan terdapat gaya hambatan atau gaya drag yang berupa air yang diam dibelakan sudu. Dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_d = \frac{\rho \times A \times C_d}{v^2} \quad (8)$$

Dimana :

$C_d$  = Coeficien Of Drag  
 $\rho$  = Massa Jenis Air ( $\text{Kg/m}^3$ )  
 $A$  = Luas Permukaan ( $\text{m}^2$ )  
 $v$  = Kecepatan aliran ( $\text{m/s}$ )

Sehingga gaya total yang bekerja pada sudu kincir:

$$F_{\text{kincir}} = F_{\text{dorong}} - F_{\text{drag}} \quad (9)$$

Torsi (T)

$$T = F \times r \quad (10)$$

Dimana :

$T$  = Torsi (Nm)  
 $F$  = Gaya Fluida yang Mengenai Sudu(N)  
 $R$  = Jari-jari kincir (m)

Energi Pada Kincir Air (Pkincir)

$$P_{\text{kincir}} = T \times \frac{2 \pi n}{60} \quad (11)$$

Dimana:

$n$  = Putaran Kincir (Rpm)

Efisiensi Kincir Air ( $\eta$ )

$$\eta = \frac{P_{\text{kincir}}}{P_{\text{air}}} \times 100\% \quad (12)$$

## 2.1. Analisa Kecepatan Pada Sisi Masuk

Kecepatan tangensial ialah kecepatan keliling roda air yang diketahui berdasarkan analisa segitiga kecepatan yang dinyatakan dengan persamaan [9]

$$U_1 = \frac{\pi \times D \times n}{60} \quad (13)$$

Dimana  $U$  adalah kecepatan tangensial roda air ( $\text{m/s}$ ),  $D$  adalah diameter roda air (m), dan  $n_p$  menyatakan putaran poros roda air (rpm). Kecepatan relative air pada sisi masuk roda air arus bawah (undershot water wheel) dinyatakan dengan persamaan: [3]

$$W_{12} = C_{12} + U_{12} - 2C_1 U_1 \cos \alpha \quad (14)$$

Dimana  $W_1$  adalah kecepatan relative fluida terhadap sudu roda air pada sisi masuk (m/s),  $C_1$  ialah kecepatan absolute fluida masuk (m/s),  $U_1$  adalah kecepatan tangensial / kecepatan keliling sudu roda air yang arahnya searah dengan arah putaran roda air pada sisi masuk.

## 2.2. Analisa Kecepatan Pada Sisi Keluar

Kecepatan relative fluida pada sisi keluar roda air arus bawah (*undershot water wheel*) dinyatakan dengan persamaan. [3]

$$W_2 = C_2 + U_2 - 2C_2 U_2 \cos \alpha \quad (15)$$

Dimana  $W_2$  adalah kecepatan relative fluida terhadap sudu roda air pada sisi keluar (m/s),  $C_2$  adalah kecepatan absolute fluida keluar (m/s),  $U_2$  adalah kecepatan tangensial / kecepatan keliling sudu roda air yang arahnya searah dengan arah putaran roda air pada sisi keluar.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data penelitian ini dengan pengujian kincir air tipe *undershot* berupa pengukuran putaran kincir dengan Debit aliran air 0,00269444 m<sup>3</sup>/s. Berikut beberapa variasi yaitu kedalaman sudu tercelup dalam air, kemiringan sudut serang aliran air, dan kemiringan sudu kincir air dengan kecepatan aliran konstan. Berikut tabel hasil pengamatan yang telah diukur :

Menentukan Jenis Aliran

$$\begin{aligned} Re &= \frac{v \times D \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,9057 \times 0,01919 \times 989,812}{0,80844} \\ &= 21,2796 \end{aligned}$$

Kecepatan Aliran Air (v)

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,00269444 \text{ m}^3/\text{s}}{0,002975 \text{ m}^2} \\ &= 0,9057 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Daya Air ( $P_{Air}$ )

$$P_{Air} = \rho \times g \times Q \times h$$

$$\begin{aligned} &= 989,812 \text{ Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times \\ &0,00269444 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,05 \text{ m} \\ &= 1,308 \text{ Kg m}^2/\text{s}^3 \text{ Atau } 1,308 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Gaya Fluida yang Berada Didepan Sudu ( $F_{Dorong}$ )

$$\begin{aligned} F_{Dorong} &= A \times \rho \times v^2 \\ &= 0,0004 \text{ m}^2 \times 989,812 \text{ Kg/m}^3 \times \\ &(0,9057 \text{ m/s})^2 \\ &= 0,325 \text{ Kg. m/s}^2 \text{ Atau } 0,325 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya Fluida yang Bekerja Dibelakan Sudu ( $F_d$ )

$$\begin{aligned} F_d &= \frac{\rho \cdot v^2 \cdot A \cdot C_d}{2} \\ &= \frac{989,812 \text{ Kg/m}^3 \times (0,9057 \text{ m/s})^2 \times 0,0004 \text{ m}^2 \times 1,05}{2} \\ &= 0,171 \text{ Kg. m/s}^2 \text{ Atau } 0,171 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{Kincir} &= F_{Dorong} - F_d \\ &= 0,325 \text{ N} - 0,171 \text{ N} \\ &= 0,154 \text{ N} \end{aligned}$$

Torsi (T)

$$\begin{aligned} T &= F \times r \\ &= 0,154 \text{ N} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 0,0154 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Energi Pada Kincir Air ( $P_{Kincir}$ )

$$\begin{aligned} P_{Kincir} &= T \frac{2 \pi \times n}{60} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 99,14 \text{ RPM}}{60} \\ &= 0,1601 \text{ Nm/s} \text{ Atau } 0,1601 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Efisiensi Kincir ( $\eta$ )

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{Kincir}}{P_{Air}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,1601 \text{ Watt}}{1,308 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 12,24 \% \end{aligned}$$

Tabel 1. Hasil perhitungan daya dan efisiensi

$Y_{Celup}$ (cm)	Kemiringan sudut sudu kincir (Derajat)	Daya Kincir (Watt)	Efisiensi (%)
1	0	0,160	12,24
	10	0,162	12,42
	20	0,176	13,45
2	0	0,302	23,10
	10	0,321	24,51
	20	0,340	26,02
3	0	0,447	34,18
	10	0,473	36,15

20	0,496	37,88
----	-------	-------

Kecepatan relatif Fluida Terhadap Sudu Pada Sisi Masuk ( $W_1$ )

$$W_{12} = C_{12} + U_{12} - 2C_1 U_1 \cos \alpha$$

Dengan  $\alpha = 0^\circ$  (karena  $C_1$  dan  $U_1$  segaris) Sehingga :

$$\begin{aligned} W_{12} &= 0,90572 + 1,038 - 2 \times 0,9057 \times \\ &\quad 1,038 \times 1 \\ &= 0,132 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kecepatan relatif Fluida Terhadap Sudu Pada Sisi Keluar ( $W_2$ )

$$W_{22} = C_{22} + U_{22} - 2C_2 U_2 \cos \alpha$$

Dimana:

$$C_2 = W_1$$

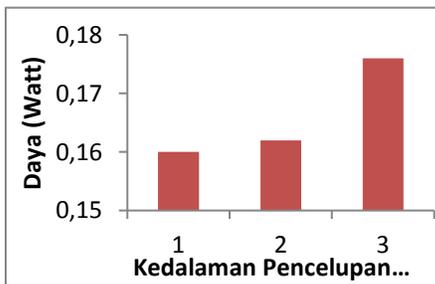
$$U_2 = U_1$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\begin{aligned} W_{22} &= 0,1322 + 1,038 - 2 \times 0,132 \times 1,038 \times 0 \\ &= 1,046 \text{ m/s} \end{aligned}$$

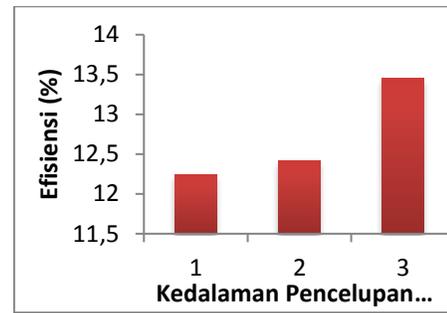
Tabel 2. Hasil perhitungan segi tiga kecepatan

No.	Tipe Kincir	C1 (m/s)	C2 (m/s)	U1 (m/s)	U2 (m/s)	W1 (m/s)	W2 (m/s)
1.	0	0,906	0,132	1,038	1,038	0,132	1,046
2.	10	0,906	0,147	1,053	1,053	0,147	1,088
3.	20	0,906	0,235	1,140	1,140	0,235	1,241



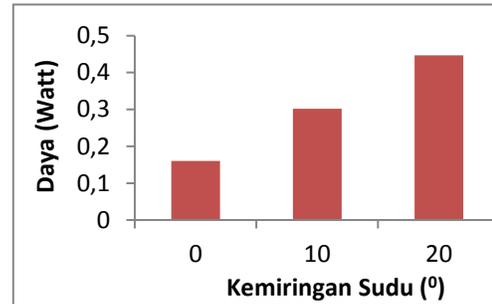
Gambar 3. Hubungan  $y$  dan  $P_{kincir}$

Berdasarkan Garafik hubungan kedalam pencelupan sudu dengan daya kincir yang dihasilkan menunjukkan bahwa pada penceupan sudu 1 cm daya yang dihasilkan sebesar 0,16 Watt, pada penceupan sudu 2 cm daya yang dihasilkan sebesar 0,162 Watt, dan pada pencelupan 3 cm daya yang dihasilkan sebesar 0,176 Watt.



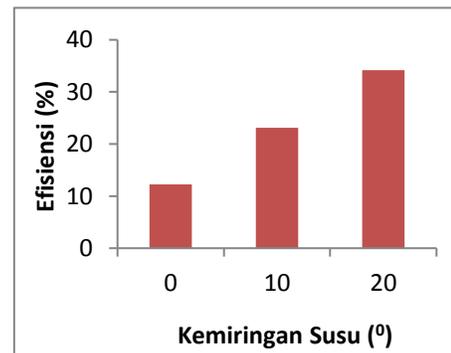
Gambar 4. Hubungan  $y$  dan  $\eta$

Berdasarkan Grafik hubungan kedalam pencelupan sudu dan efisiensi kincir yang diperoleh menunjukkan bahwa pada pencelupan sudu 1 cm memperoleh efisiensi sebesar 12,24 %, pada pencelupan sudu 2 cm memperoleh efisiensi sebesar 12,42 %, dan pada pencelupan 3 cm memperoleh efisiensi sebesar 13,45 %.



Gambar 5. Hubungan Kemiringan Sudu dan  $P_{kincir}$

Berdasarkan grafik hubungan antara kemiringan sudu terhadap daya kincir air yang di hasilkan diatas me unjukna bahwa, pada kemiringan  $0^\circ$  menghasikan daya sebesar 0,16 Watt, pada kemiringan sudu  $10^\circ$  menghasilkan daya sebesar 0,302 Watt, dan pada kemiringan sudu  $20^\circ$  menghasilkan daya sebesar 0,447 Watt.



Gambar 5. Hubungan Kemiringan Sudu dan  $\eta$

Berdasarkan Grafik kemiringan sudu dan efisiensi kincir yang diperoleh menunjukkan bahawa pada kemiringan sudu  $0^{\circ}$  memperoleh efisiensi sebesar 12,24 %, pada kemiringan sudu  $10^{\circ}$  efisiensi yang diperoleh sebesar 23,10 %, dan pada kemiringan sudu  $20^{\circ}$  memperoleh efisiensi sebesar 34,18 %.

#### 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini yaitu:

1. Semakin dalam pencelupan sudu, semakin besar pula daya dan efisiensi kincir.
2. Semakin dimiringkan sudu kincir maka semakin besar pula daya dan efisiensi kincir.

#### 5. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya yaitu: Dalam penelitian ini peneliti menyarankan perlu pengkajian lebih lanjut dengan pembahasan kemiringan sudu  $20^{\circ}$  ke atas dengan memperhatikan parameter efisiensi kincir air.

#### Daftar Pustaka

- [1] Kadiman dan K. , Penelitian Pengembangan Dan penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi Tahun 2005-2025, Jakarta: Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia, 2006.
- [2] Prayatmo dan Wibowo, Turbin Air, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2007.
- [3] K. Jamlay, L. Sule dan D. Hasan, "Analisa Perilaku Airan Terhadap Kinerja Roda Air Arus Bawah Untuk Pembangkit Listrik Skala Picohidro," *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. %1 dari %2Volume 6 No. p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729, p. 51 dan 53, 2016.
- [4] B. R. Hidayat, A. Makhsud dan M. Tahir, "Analisis Daya Output dan Efisiensi Kincir Air Sudu Miring yang Bekerja Pada Saluran Horizontal," *Journal Of Infrastructure & Science Engineering*, Vol. %1 dari %2Volume 1 No. P-ISSN: 2615-6962, E-ISSN: 2614-4638, p. 1, 2018.
- [5] J. Akhiar, R. dan A. Hendri, "Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik," *Jom FTEKNIK*, vol. Volume 1, p. 1, 2014.
- [6] O. Patty, Tenaga Air, Jakarta: Erlangga, 1995.
- [7] V. T. Chow, Hidrolika Saluran Terbuka, Jakarta: Erlangga, 1997.
- [8] O. S. Henry, D. Arivin dan H. Hakki, "Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim)," *Teknik Sipil dan Lingkungan*, Vol. %1 dari %2Volume 1 No. ISSN: 2355-374X, p. 1, 2013.
- [9] K. Jumlay, Lether Sule dan Duma Hasan, "Analisis Perilaku Aliran Terhadap Roda Air Arus Bawah Untuk Pembangkit Listrik Skala Pichidro," *Dinamika Teknik Mesin Volume 6 No. p. ISSN: 2088-08XX, e. ISSN: 2502-1729*, p. 53, 2016.