

## KEMIRINGAN OPTIMUM MODEL TURBIN ULIR 2 *BLADE* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK PADA *HEAD* RENDAH

AMIR, KUSNADI

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang  
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33, Cikokol, Kota Tangerang  
Email: *amir.duta21@yahoo.co.id*

### ABSTRAK

Indonesia kaya akan potensi-potensi yang dapat dijadikan sumber energi listrik, seperti banyaknya sumber-sumber air yang dapat dijadikan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Kebanyakan sumber air yang ada hanya memiliki debit kecil dan head yang rendah, oleh karena itu peneliti mencoba untuk merancang suatu pembangkit listrik tenaga mikrohidro sebagai salah satu cara agar krisis energi listrik dapat dihindari. Salah satu alternatif pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang sangat berpotensi untuk sungai-sungai di Indonesia adalah Turbin *Screw (Archimedean Turbine)*. Di sini tujuan diadakannya penelitian ini adalah mencari jarak pitch ( $\Delta$ ) dan kemiringan ( $K$ ) optimum model turbin ulir dua *blade* untuk menghasilkan daya *output* generator, disamping itu juga untuk mencari pengaruh hubungan antara masing-masing pitch terhadap daya generator ( $P_g$ ) dan juga pengaruhnya terhadap efisiensi generator ( $\eta_g$ ). Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan eksperimen meliputi tahap perencanaan, pembuatan alat, serta pengujian alat, sehingga didapatkan analisa hasil yang akan digunakan sebagai kesimpulan dari optimasi desain turbin ulir dengan jarak *pitch* dan kemiringan optimum. Adapun perancangan model turbin ulir dua *blade* dibuat dengan variasi jarak pitch yaitu:  $2R_0$  dan  $1,2R_0$ . Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang. Dan perhitungan dimensi model turbin ulir mengacu pada teori-teori dari Rorres. Hasil yang ditemukan dari penelitian ini adalah bahwa unjuk kerja terbaik model turbin ulir dua *blade* yang menghasilkan daya *output* generator paling besar terjadi pada sudut kemiringan  $30^\circ$ . Dan dari kedua jarak *pitch* yang memiliki daya generator ( $P_g$ ) dan efisiensi generator ( $\eta_g$ ) tertinggi ada pada pitch  $1,2R_0$ .

**Kata Kunci:** jarak *pitch* ( $\Delta$ ), kemiringan ( $K$ ), daya generator ( $P_g$ ) dan efisiensi generator ( $\eta_g$ ).

### 1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Di Indonesia terdapat banyak sekali potensi air yang masih belum dimanfaatkan, seperti sungai-sungai besar maupun kecil yang terdapat di berbagai daerah. Hal ini merupakan peluang yang bagus untuk pengembang energi listrik di daerah khususnya daerah yang belum terjangkau oleh listrik. Tenaga air

adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanik maupun listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya air terjun atau aliran di sungai.

Dalam kemajuan teknologi sekarang ini banyak dibuat peralatan-peralatan yang inovatif dan tepat guna. Salah satu contoh dalam bidang teknik mesin terutama dalam bidang

konversi energi dan pemanfaatan alam sebagai sumber energi. Diantaranya adalah pemanfaatan air yang bisa digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. Alat tersebut adalah berupa turbin air yang digerakan oleh air yang disambungkan dengan generator. Dalam konvensionalnya pada zaman dahulu air juga dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik yaitu untuk menggerakkan generator pembangkit digunakan sebuah kincir air.

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik, energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dibagi atas *head* tinggi, *head* menengah dan *head* rendah. Kecepatan putar desain turbin sebagian besar ditentukan oleh *head* turbin air tersebut.

Turbin ini beroperasi dengan putaran rendah dan masih tergolong baru dikembangkan dan yang sangat berpotensi untuk sungai-sungai di Indonesia, namun turbin ini memiliki beberapa keunggulan di antara jenis turbin *head* rendah yang lain tidak memerlukan sistem kontrol khusus karena penggunaan unit peralatan dan generator yang standar, mudah dalam konstruksi, mudah dalam instalasi dan perawatan, ramah lingkungan dan *fish-friendly*.

Kinerja sebuah turbin ulir dipengaruhi oleh parameter-parameter yang terkait dalam perancangan turbin ulir itu sendiri. Salah satu parameter penting dalam perancangan turbin ulir adalah *pitch* atau jarak periode dari sebuah sudu (*blade*). Aspek lain dalam pertimbangan rancangan turbin ulir adalah pemasangan turbin atau kemiringan poros. Berdasarkan uraian tersebut diatas, penulis tertarik mengembangkan penelitian tentang turbin ulir yang bertujuan mengetahui pengaruh perbedaan jarak *pitch* dan kemiringan poros terhadap kinerja mekanik turbin ulir 2 *blade* serta sebagai referensi dalam pengembangan turbin ulir.

Dalam penelitian ini penulis mencoba merancang model turbin ulir 2 *blade* dengan variasi jarak *pitch* ( $\Lambda$ ) yang berbeda dan sudut kemiringan ( $K$ ) atau sudut  $\theta$  turbin ulir yang diubah-ubah, dimana jarak *pitch* ( $\Lambda$ ) merupakan parameter internal untuk mengoptimalkan kinerja turbin ulir sedangkan sudut kemiringan ( $K$ ) merupakan

parameter eksternal yang ditentukan oleh penempatan ulir dan bahan yang tersedia untuk konstruksi. Dalam hal ini tujuan penelitian adalah mencari jarak *pitch* ( $\Lambda$ ) dan sudut kemiringan ( $K$ ) optimum untuk menghasilkan daya generator ( $P_g$ ) maksimum dan juga menentukan efisiensi generator ( $\eta_g$ ). Ada dua variasi dalam mendesain jarak *pitch* ( $\Lambda$ ) yaitu:  $2R_0$ , dan  $1,2R_0$  serta sudut kemiringan ( $K$ ) yang dimulai dari  $25^\circ$  hingga  $35^\circ$ .

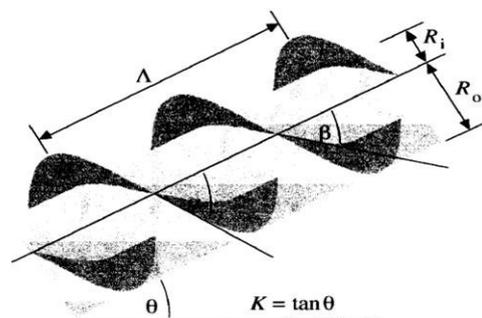
Berdasarkan uraian tersebut di atas, peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan memanfaatkan aliran *low head* sebagai sumber pembangkit dengan judul, “*Kemiringan Optimum Model Turbin Ulir 2 Blade Untuk Generator Pada Kecepatan Putaran Head Rendah*”.

#### a. Karakteristik Turbin Ulir (Screw Turbine)

Geometri dari sebuah turbin ulir diatur oleh parameter eksternal tertentu (radius luar, panjang, dan kemiringan) dan parameter internal tertentu (jari-jari dalam, jumlah *blade*, dan *pitch of the blade*).

Parameter eksternal biasanya ditentukan oleh penempatan ulir dan bahan yang tersedia untuk konstruksi, sedangkan parameter internal bebas dipilih untuk mengoptimalkan kinerja turbin ulir. Dalam hal ini jari-jari dalam dan *pitch* yang memaksimalkan putaran *screw*.

Parameter pada turbin ulir dapat dilihat pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 1. Bagian dari turbin ulir 2 *blade*  
Sumber: (Rorres, 2000)

Ada tiga parameter eksternal pada turbin ulir yaitu:

$R_0$  = radius silinder luar turbin ulir (m)

$L$  = panjang total turbin ulir (m)

$K$  = kemiringan turbin (tidak berdimensi)

Dan tiga parameter internal pada turbin ulir yaitu:

- $R_i$  = radius silinder dalam turbin ulir (m)  
 $\Lambda$  = pitch atau periode pada satu *blade* (m)  
 $N$  = jumlah *blade* (tidak ada satuan),  
 $N = 1,2,3, \dots$

Perbandingan jari-jari dalam dan jari-jari luar dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\rho = R_i / R_o = \text{radius ratio } (0 \leq \rho \leq 1) \quad (1)$$

Dimana:

- $\rho$  = perbandingan jari-jari  
 $R_i$  = jari-jari sebelah dalam silinder (m)  
 $R_o$  = jari-jari sebelah luar silinder (m)

### b. Daya

Simbol yang digunakan adalah:

$P_{gross}$ : tenaga air kotor (kW).  
 $[P_{gross} = \rho g H_{gross} Q / 1000] \dots \dots \dots (2)$

$P_{net}$ : tenaga air bersih (kW).  
 $[P_{net} = \rho g H_{net} Q / 1000]$

$P_{shaft}$ : daya poros Turbin (kW).  
 $[P_{shaft} = T \omega] \dots \dots \dots (3)$

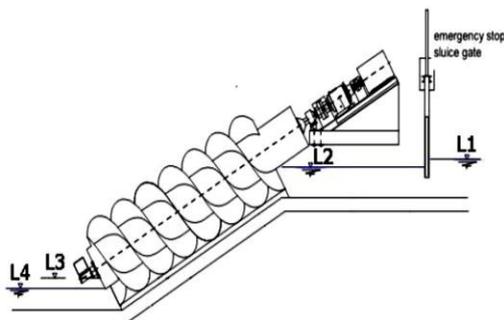
$P_{trans}$ : daya transmisi poros luar (kW).  
 $[P_{trans} = 2 \pi N T / 60] \dots \dots \dots (4)$

$P_{gen}$ : daya output generator (kW).  
 $[P_{gen} = V I \cos \phi] \dots \dots \dots (5)$

$P_{out}$ : daya keluaran sistem air (kW).  
 $[P_{out} = \rho g H_{net} Q \eta_t \eta_g / 1000] \dots \dots \dots (6)$

### c. Ketinggian air (Head)

Ketinggian air (*head*) yang digunakan dalam penilaian ini diilustrasikan pada gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2. Simbol tingkat ketinggian air  
 Sumber: 581/info@nickbard.co.uk

Dimana:

- $L_1$ : tinggi permukaan bak pengendap air (m)

- $L_2$ : tinggi permukaan masukan air pada turbin (m)  
 $L_3$ : tinggi permukaan air pada terowongan / *tailrace* (m)  
 $L_4$ : tinggi permukaan air actual *tailrace* (m)

Tingkat pengukuran head yang digunakan:

$H_{gross}$ : Head Bruto (m).  
 $[H_{gross} = L_1 - L_4] \dots \dots \dots (7)$

$H_{net}$ : Head Bersih (m).  
 $[H_{net} = L_2 - L_4] \dots \dots \dots (8)$

$H_z$ : Pengambilan kehilangan head (m).  
 $[H_z = L_1 - L_2] \dots \dots \dots (9)$

### d. Kecepatan Putaran Turbin

Semenjak generator dan turbin digabungkan, rata-rata kecepatan putar turbin sama dengan kecepatan putar generator, dinyatakan sebagai:

$$N_t = \frac{60f}{p} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana:

- $N_t$  = kecepatan putaran (rpm)  
 $f$  = frekwensi (Hz)  
 $p$  = jumlah pasang kutub generator

Jadi kecepatan putaran turbin ditentukan oleh kecepatan putaran generator.

Kecepatan spesifik dari turbin dinyatakan sebagai berikut:

$$N_s = \frac{N_t \sqrt{P}}{h^{5/4}} \dots \dots \dots (11)$$

dengan:

$N_s$  = kecepatan spesifik (rpm)

## 2. METODE PENELITIAN

### a. Metode Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini merupakan data yang diperoleh melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Observasi
2. Wawancara
3. Studi lapangan
4. Pengambilan Data
5. Kesimpulan

### b. Pengamatan dan Tahap Pengujian

Pada pengujian ini yang akan diamati adalah:

1. Parameter arus ( $I_L$ ) dan parameter tegangan ( $V_L$ ) listrik

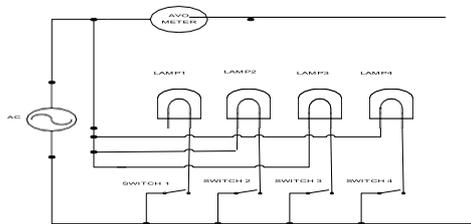
2. Parameter kecepatan putaran turbin dan generator (rpm)
3. Parameter kecepatan air (V)
4. Parameter sudut kemiringan

**c. Prosedur Pengujian**

Prosedur pengujian dapat dilakukan dengan beberapa tahap antara lain:

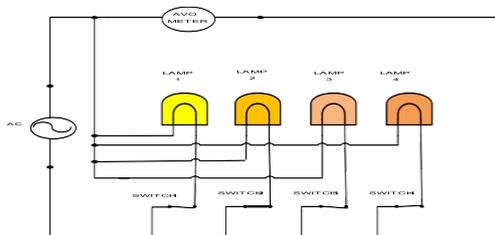
1. Pengukuran kecepatan air dengan menggunakan alat ukur *flowmeter* kemudian mencatat hasilnya.
2. Pengukuran kecepatan putaran turbin dengan menggunakan alat ukur *tachometer* kemudian mencatat hasilnya.
3. Pengukuran arus ( $I_L$ ) dan tegangan ( $V_L$ ) yang dihasilkan generator dengan menggunakan alat ukur multimeter dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Rangkaian pengukuran arus listrik ( $I_L$ ) dan tegangan listrik ( $V_L$ ) tanpa beban lampu digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3 Rangkaian pengukuran arus listrik ( $I_L$ ) dan tegangan listrik ( $V_L$ ) tanpa beban lampu

- b. Rangkaian pengukuran arus listrik ( $I_L$ ) dan tegangan listrik ( $V_L$ ) dengan beban lampu digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4. Rangkaian pengukuran arus listrik ( $I_L$ ) dan tegangan listrik ( $V_L$ ) dengan beban lampu

Untuk pengukuran arus listrik dan tegangan listrik dengan beban lampu dilakukan dengan mencatat besar arus listrik dan tegangan listrik dengan 1 beban lampu, 2 beban lampu dan seterusnya sampai men-

capai limit kemampuan generator menghasilkan arus listrik. Mengulangi pengujian beberapa kali dengan metode yang sama, dalam hal ini dilakukan 3 kali pengujian untuk mendapatkan data pengujian yang lebih maksimal.

**d. Variabel Pengukuran**

Variabel pengukuran pada penelitian ini diantaranya:

1. Variabel terikat meliputi : daya *output* generator
2. Variabel bebas meliputi : jarak pitch, kemiringan turbin
3. Variabel kontrol meliputi : head, kecepatan aliran dan debit air

Variabel adalah suatu sifat atau fenomena yang menunjukkan sesuatu yang dapat diamati dan nilainya berbeda-beda.

Macam-macam variabel:

- a. Variabel independen (variabel bebas, stimulus, *predictor*, *antecedent*).  
Variabel bebas: variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel dependen (variabel terikat). Dalam *Structural Equation Modeling* (Pemodelan Persamaan Struktural), variabel independen disebut variabel eksogen.
- b. Variabel dependen (variabel terikat, *output*, kriteria, konsekuen). Variabel terikat: variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam SEM disebut variabel endogen.
- c. Variabel Moderator (variabel independen ke-2)  
Variabel moderator adalah variabel yang mempengaruhi (memperkuat atau memperlemah) hubungan antara variabel independen dan variabel dependen.
- d. Variabel *intervening*  
Variabel *intervening*: variabel yang secara teoritis mempengaruhi hubungan antara variabel independen dan variabel dependen, tetapi tidak dapat diamati atau diukur.  
Variabel *intervening* merupakan variabel penyela (variabel antara) yang terletak di antara variabel dependen dan variabel independen, sehingga variabel independen tidak langsung mempenga-

ruhi berubahnya atau timbulnya variabel dependen.

e. Variabel kontrol

Variabel Kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti (digunakan untuk membandingkan melalui penelitian eksperimen).

Sesuatu dikatakan variabel, jika: Mempunyai nama, dapat diamati atau diukur, Nilainya berbeda-beda, Memiliki defenisi verbal, Ada kelompok penggolongan atau satuan.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN ANALISA PEMBAHASAN

a. Pengukuran rpm screw turbin

Adapun data hasil pengujian rpm screw turbin dilakukan dengan cara menggunakan alat tachometer ditempelkan ke bagian poros screw turbin. Percobaan ini dilakukan 3 kali pengujian dengan cara pengambilan data ditunjukkan seperti Gambar 5 berikut:



Gambar 5 Pengambilan data pengukuran rpm screw turbin.

Table 1 Data hasil pengukuran kecepatan putaran screw turbin (Rpm)

Pitch $\Lambda$	Sudut kemiringan $\theta$ ( $^{\circ}$ )	Percobaan Ke	Kecepatan Putaran Turbin (Rpm)	Rata-rata (Rpm)
1,2 Ro	25	1	231	231,3
		2	234	
		3	229	
	30	1	247	247,6
		2	251	
		3	245	
	35	1	248	245,6
		2	244	
		3	245	
2 Ro	25	1	237	236,6
		2	235	
		3	238	
	30	1	230	227,6
		2	228	
		3	225	
	35	1	226	225,3
		2	228	
		3	222	

Dari tabel di atas dapat dianalisa bahwa pada pitch  $\Lambda$  1,2 Ro mendapatkan putaran rpm tertinggi pada sudut  $30^{\circ}$  sebesar 247,6. Sedangkan pada pitch  $\Lambda$  2 Ro mendapatkan putaran rpm tertinggi pada sudut  $25^{\circ}$  sebesar 236,6 rpm.

b. Head (Ketinggian Air)

Pengukuran ketinggian air pada casing turbin dengan menggunakan mistar sebagai alat ukur dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Pengukuran ketinggian muka air sebelum munumbuk sudut.

Dari hasil pengukuran diperoleh ketinggian penampang basah air dalam casing seperti yang disajikan dalam bentuk tabel 2 di bawah ini.

Table 2. Hasil pengukuran ketinggian.

Sudut Kemiringan $\theta$ ( $^{\circ}$ )	Ketinggian Penampang Basah $H_f$ (m)
25	0,06
30	0,08
35	0,08

c. **Pengukuran Debit (Q)**

Tujuan pengukuran ini ialah untuk mengetahui besarnya kecepatan air yang mengalir. Kecepatan air sangat mempengaruhi debit air dengan satuan liter/detik. Adapun dari tiga hasil pengujian debit dilakukan dengan cara menampung air dengan ember yang berkapasitas 20 liter dan stopwatch sebagai penghitung waktu dilakukan 3 kali pengujian dengan cara pengambilan data ditunjukkan seperti pada gambar 7 berikut.

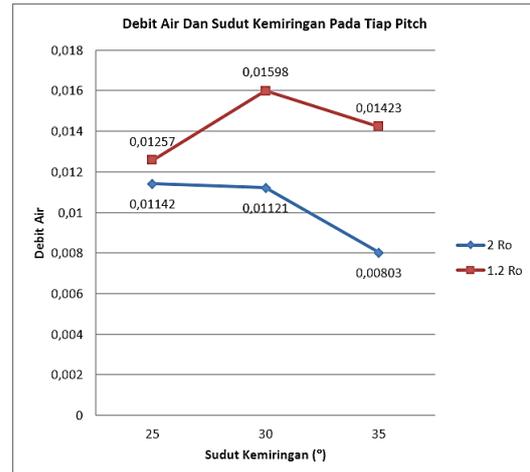


Gambar 7. Mengambilan data debit.

Tabel 3 Data hasil pengukuran debit

Pitch	Sudut ( $^{\circ}$ )	Pengukuran ke	Volume ember (lit)	Waktu (sec)	Debit, Q ( $m^3/sec$ )	
2 $R_0$	25	1	20	1.62	12.34	
		2	20	1.94	10.31	
		3	20	1.72	11.62	
			Rata-rata	20	1.76	11.42 lit/sec = 0.01142 $m^3/sec$
	30	1	20	2.30	8.70	
		2	20	1.72	11.61	
		3	20	1.50	13.33	
			Rata-rata	20	1.84	11.21 lit/sec = 0.01121 $m^3/sec$
	35	1	20	2.35	8.51	
2		20	2.53	7.90		
3		20	2.60	7.70		
		Rata-rata	20	2.49	8.03 lit/sec = 0.00803 $m^3/sec$	
1.2 $R_0$	25	1	20	1.59	12.57	
		2	20	1.57	12.74	
		3	20	1.50	13.33	
			Rata-rata	20	1.55	12.88 lit/sec = 0.01257 $m^3/sec$
	30	1	20	1.19	16.81	
		2	20	1.32	15.15	
		3	20	1.25	16	
			Rata-rata	20	1.25	15.98 lit/sec = 0.01598 $m^3/sec$
	35	1	20	1.44	13.9	
2		20	1.34	14.9		
3		20	1.43	13.9		
		Rata-rata	20	1.40	14.23 lit/sec = 0.01423 $m^3/sec$	

Analisa data hasil pengujian di atas dapat ditampilkan ke dalam bentuk grafik untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada debit air dan sudut kemiringan pada tiap *pitch* untuk mengetahui debit air optimum sebagai berikut:



Gambar 8 Grafik debit air dan sudut kemiringan pada tiap *pitch*

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa debit air *screw turbine* pada *pitch* 1.2  $R_0$  memiliki debit air optimum sebesar 0.01598  $m^3/sec$  pada sudut kemiringan 30 $^{\circ}$ . Hal ini menunjukkan bahwa debit air *screw turbine* pada *pitch* 1.2  $R_0$  pada kemiringan 30 $^{\circ}$  lebih baik dari pada *screw turbine* pada *pitch* 2  $R_0$ .

d. **Analisa Daya dan Kecepatan Generator di Setiap Pemberian Beban**

Untuk data hasil pengujian rpm generator dilakukan dengan cara menggunakan alat tachometer di tempelkan ke bagian poros generator. Percobaan ini dilakukan 3 kali pengujian dengan cara pengambilan data ditunjukkan seperti gambar 4.4 berikut.



Gambar 9. Pengukuran rpm generator.

Dari data yang diperoleh dari hasil pengujian di lapangan, dapat diketahui bahwa besar tegangan dan arus tergantung pada besar beban (lampu) yang digunakan. Pengukuran menggunakan alat ukur berupa multimeter dan tachometer pada pengujian model turbin ulir dengan 2 model *pitch* yang digunakan yaitu 2Ro dan 1,2Ro dapat dilihat pada tabel 4 dan table 5.

Table 4 Data daya, kecepatan putaran turbin Generator 2Ro.

sudut (°)	jumlah lampu	VL (Volt)	IL (Amp.)	Pg (Watt)	Nt (rpm)	Ng (rpm)
25	0	4,6	1,3	5,98	315	615
	1	3,7	1,1	4,07	310	605
	2	2,6	0,9	2,34	306	590
	3	1,6	0,8	1,28	303	575
30	0	4,1	1,3	5,33	295	595
	1	3,2	1,2	3,84	290	580
	2	2,4	0,9	2,16	288	560
	3	1,5	0,7	1,05	285	555
35	0	3,7	1,3	4,81	257	570
	1	2,8	1,1	3,08	246	560
	2	1,9	0,8	1,52	229	540
	3	1,1	0,6	0,66	208	535

Di mana:

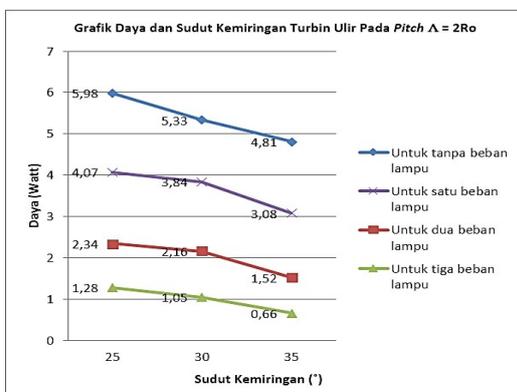
VL = tegangan listrik (*volt*)

IL = arus listrik (*Ampere*)

Nt = kecepatan putaran turbin (*rpm*)

Ng = kecepatan putaran generator (*rpm*)

Analisa perhitungan data hasil pengujian di atas dapat ditampilkan ke dalam bentuk grafik untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada daya generator dan kemiringan poros turbin terhadap jumlah beban lampu yang digunakan yaitu sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik daya dan sudut kemiringan poros turbin terhadap jumlah beban lampu pada pitch  $\Lambda = 2R_0$ .

Grafik di atas menunjukkan bahwa unjuk kerja terbaik model turbin ulir yang meng-

hasilkan daya output generator paling besar terjadi pada sudut kemiringan  $25^\circ$ . Dari sudut  $25^\circ$  daya generator turun setelah sudut kemiringan lebih besar dari  $25^\circ$  ( $\theta > 25^\circ$ ).

Menurut teori Rorres jika  $\Lambda = 2R_0$ , maka sudut kemiringan  $\theta = 30^\circ$ . Jadi hasil pengukuran di atas masih terdapat kesalahan-kesalahan pengukuran pada saat pengambilan data di lapangan.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian di lapangan, dapat diketahui bahwa besar tegangan dan arus tergantung pada besar beban (lampu) yang digunakan dan faktor debit air (alam) yang tak selalu stabil.

Tabel 5. Data daya, kecepatan putaran turbin dan generator untuk pitch  $\Lambda = 1,2R_0$

sudut (°)	jumlah lampu	VL (Volt)	IL (Amp.)	Pg (Watt)	Nt (rpm)	Ng (rpm)
25	0	3,8	1,4	5,32	352	725
	1	3,1	1,1	3,41	344	665
	2	2,3	0,9	2,07	331	540
	3	1,1	0,6	0,66	323	525
30	0	4,7	1,4	6,58	387	785
	1	3,9	1,2	4,68	382	770
	2	3,1	1	3,1	367	765
	3	2,6	0,7	1,82	356	745
35	0	4,2	1,4	5,88	349	690
	1	3,5	1,1	3,85	329	585
	2	2,9	0,8	2,32	318	505
	3	1,4	0,6	0,84	303	475

Di mana:

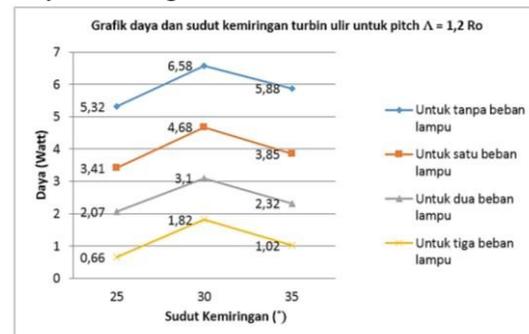
VL = tegangan listrik (*volt*)

IL = arus listrik (*Ampere*)

Nt = kecepatan putaran turbin (*rpm*)

Ng = kecepatan putaran generator (*rpm*)

Analisa perhitungan data hasil pengujian di atas dapat ditampilkan ke dalam bentuk grafik untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada daya generator dan kemiringan poros turbin terhadap jumlah beban lampu yang digunakan pada  $\Lambda = 1.2 R_0$  yaitu sebagai berikut.



Gambar 11. Grafik daya dan sudut kemiringan poros turbin terhadap jumlah beban lampu pada pitch  $\Lambda = 1,2 R_0$ .

Grafik di atas menunjukkan bahwa unjuk kerja terbaik model turbin ulir yang menghasilkan daya *output* generator paling besar terjadi pada sudut kemiringan  $30^{\circ}$  yaitu sebesar 6,58 watt. Dari *perhitungan* data hasil pengujian di atas dapat dianalisa bahwa putaran di poros generator terhadap jumlah beban lampu, dimana semakin besar pembebanan lampu yang diberikan, maka putaran poros generator juga akan semakin berkurang. Dengan berkurangnya putaran poros generator maka tegangan yang dihasilkan juga semakin berkurang sesuai penambahan beban lampu. Hal ini dapat diilustrasikan pada tenaga yang digunakan untuk memutar rotor adalah roda sepeda. Jika roda berputar, maka kumparan atau magnet ikut berputar

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Pada pengujian model turbin ulir, semakin besar pembebanan lampu yang diberikan, maka putaran generator juga akan semakin berkurang.
2. Pada setiap penambahan variasi kemiringan poros, masing-masing model turbin ulir cenderung menunjukkan karakteristik yang sama yaitu mengalami peningkatan daya dari kemiringan poros  $25^{\circ}$  hingga  $30^{\circ}$ , namun daya yang dihasilkan kemudian menurun dari kemiringan poros  $30^{\circ}$  hingga  $35^{\circ}$ . Daya dan Efisiensi tertinggi yang diperoleh dari masing-masing jarak pitch model turbin ulir dua blade adalah pada kemiringan poros  $30^{\circ}$  pada pitch  $\Lambda 1,2 R_o$ .
3. Pada pengujian berbeban, secara umum model turbin ulir dengan jarak *pitch*  $1,2R_o$  memberikan daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan model turbin ulir dengan jarak *pitch*  $2R_o$ .
4. Semakin besar kecepatan putaran generator, maka semakin besar gaya yang bekerja pada sabuk-puli. Begitu juga dengan torsi (momen puntir), semakin besar daya generator, maka torsi yang ditimbulkan juga semakin besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Astu Padjanarsa & Djati Nursuhud, 2013, *Mesin Konversi Energi*, Yogyakarta: Andi
- Elfida, 2011, *Kemiringan Optimum Untuk Tiga Pitch Model Turbin Dua Blade sebagai pembangkit listrik Pada Aliran Head Rendah*, Tesis, Jurusan Teknik mesin dan Industri, UGM, Yogyakarta
- Gieck, K., 2005, *Kumpulan Rumus Teknik*, Penerbit: Pradnya Paramita, Jakarta
- Havendri, A dan Lius, H., (2009), *Perancangan dan Realisasi Model Prototipe Turbin Air Type Screw (Archimedean Turbine) untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) dengan Head Rendah di Indonesia*, Jurnal.
- Havendri, A dan Arnif, I., (2010), *Kaji Eksperimen Penentuan Sudut Ulir Optimum pada Turbin Ulir untuk Data Perancangan Turbin Ulir pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) dengan Head Rendah*, Jurnal.
- Irigasidan Bangunan Air*, (2001) Penerbit: Universitas Gunadarma, Jakarta
- Ir. S, Soedrajat, A., 1983, *Mekanika-Fluida & Hidrolika*, Penerbit: Nova, Bandung.
- Layman's *Giude book, Guide on How to Develop small Hydropower Plant*, ESHA 1998
- Patty, O. F. (1995), *Tenaga Air*, Jakarta: Erlangga.
- Rorres, C., (2000), dalam *Journal of Hydraulic Engineering* menguraikan tulisan dengan judul: "Optimal Design of an Archimedes screw".
- Wibowo Paryatmo, (2007), *Turbin Air*, Yogyakarta: Graha ilmu.