

UJI KARAKTERISTIK TURBIN AIR GORLOV EMPATSUDU DENGAN VARIASI *PITCH ANGLE* 45°, 60°, DAN 90°

Afrizal Lebang, Nofrianto Pasae
e-mail : afrizallebang@gmail.com

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas
Teknik, Universitas Kristen
Indonesia Toraja

ABSTRAK

Penelitian ini untuk mengetahui torsi, daya, dan efisiensi maksimal dari turbin air Gorlov empat sudu dengan variasi *pitch angle* (sudut kemiringan) 45°, 60°, dan 90°. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana kita melakukan uji coba terhadap prototipe turbin air Gorlov tipe tegak lurus untuk mendapatkan torsi, daya, dan efisiensi. Mekanisme sebagai parameter analisis dari kinerja prototipe turbin air yang diuji. Menggunakan *pitch angle* (sudut kemiringan) 45°, 60°, dan 90° dilakukan pembebanan dengan kenaikan 0,5 kg hingga tidak terjadi putaran pada turbin kemudian dilakukan pengambilan data menggunakan alat ukur putaran yaitu tachometer untuk menghitung putaran turbin. Hasil dari pengujian turbin air Gorlov empat sudu dengan variasi *pitch angle* 45°, 60°, dan 90°, torsi maksimum dihasilkan pada *pitch angle* 90° sebesar 5,83 Nm dengan beban 16,5 kg, daya maksimum yang dihasilkan sebesar 27,7 Watt, dan efisiensi maksimum yang dihasilkan sebesar 10,49 % dengan putaran 71,4 rpm.

Kata kunci : Daya, Efisiensi, empat sudu, Gorlov, *pitch angle* 90°, tegak lurus, Torsi

ABSTRAK

This research is to determine the maximum torque, power, and efficiency of a four-blade Gorlov water turbine with variations in the pitch angle of 45°, 60°, and 90°. perpendicular to get torque, power and efficiency. Mechanism as an analytical parameter of the performance of the tested water turbine prototype. Using a pitch angle of 45°, 60°, and 90°, loading is carried out with an increase of 0.5 kg until there is no rotation of the turbine then data is collected using a rotation measuring instrument, namely a tachometer to calculate turbine rotation. Results from the Gorlov water turbine test four blades with variations in pitch angles of 45°, 60°, and 90°, the maximum torque produced at a 90° pitch angle is 5.83 Nm with a load of 16.5 kg, the maximum power generated is 27.7 Watts, and the maximum efficiency is produced by 10.49% with a rotation of 71.4 rpm.

Keywords : Efficiency, four blades, Gorlov, Power *pitch angle* 90°, perpendicular, Torque,

I. Pendahuluan

Semakin meningkatnya kebutuhan energi mendorong pengembang energi baru dan energi terbarukan yang semakin pesat. Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan salah satunya tenaga

hidro (*hydropower*) menjadi salah satu sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pembangkit listrik. Biaya pembangunan yang murah dan efektif membuat beberapa daerah terpencil di negara-negara maju dan berkembang menerapkan turbin hidrokinetik sebagai pembangkit listrik tenaga hidro. Turbin hidrokinetik merupakan teknologi yang dapat memanfaatkan energi kinetik dari aliran air arus sungai ataupun pasang surut dengan cara memanfaatkan luas bidang tangkap aliran dari lengkung bilah heliks turbin yang digunakan.

Energi terbarukan (*renewable energy*) merupakan sumber energi alternative yang menjanjikan untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik masa depan. Posisi geografis Indonesia diantara dua samudra dan benua serta didaerah khatulistiwa, sehingga mempunyai potensi sumber terbarukan yang berlimpah. Salah satu pemanfaatan potensi sumber energi terbarukan di Indonesia adalah pemanfaatan arus datar (*flat current*) sebagai sumber energi penghasil listrik. Energi mekanis dari arus dapat digunakan untuk menggerakkan turbin. Salah satu jenis turbin yang dapat digunakan untuk menangkap arus datar adalah turbin Gorlov yang merupakan jenis turbin vertical. Kebutuhan akan energi yang ramah lingkunganpun ikut berperan dalam pengembangan energi alternatif ini.

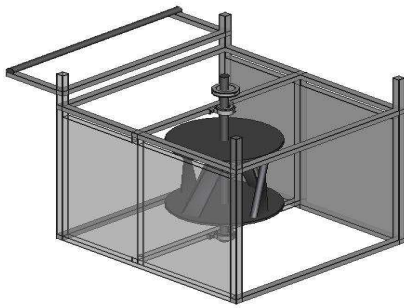
Turbin Gorlov merupakan tipe turbin hidrokinetik *Cross-Flow* hasil pengembangan dari bentuk *straight blades* milik Darrieus. Turbin Gorlov memiliki bentuk bilah (*blade*) heliks yang dapat dipasang secara horizontal maupun vertikal. Salah satu kelebihan turbin Gorlov yaitu siklus rotasi yang lebih baik pada kondisi *low-head*. Bilah heliks yang mengelilingi badan turbin mengakibatkan bidang tangkap aliran air merata di setiap rotasi turbin Gorlov. Model turbin heliks memiliki rentang nilai *tip-speed ratio* dan nilai *coefficient of power* yang beragam.

Pitch angle (sudut kemiringan) mengacu pada garis singgung sudut permukaan tersebut terhadap bidang horizontal, dan pada turbin ini, *pitch angle* merupakan sudut yang terbentuk antara engkep dengan permukaan sudu.

II. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana dilakukan uji coba terhadap prototipe turbin air Gorlov untuk memperoleh torsi mekanis, daya mekanis, efisiensi mekanis sebagai parameter analisis dari kinerja prototipe turbin air Gorlov yang di uji.

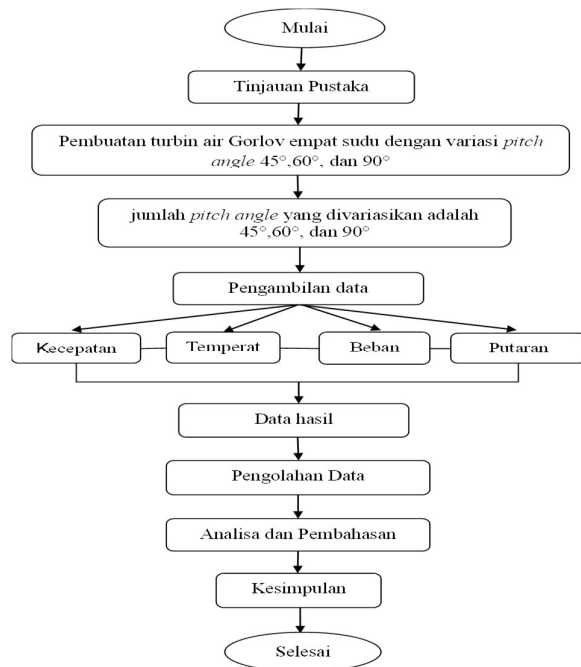
1.1 Layout Penelitian



Gambar 1. Skema Instalasi turbin air Gorlov empat sudu



Gambar 2. Turbin air Gorlov empat sudu



Gambar 3. Diagram alir penelitian

1.2 Penulisan Rumus

1. Luas Penampang

Untuk luas penampang sudu dirumuskan dengan:

$$A = D \cdot h$$

Dimana:

A = luas penampang sudu (m²)

D = diameter sudu (m)

h = tinggi sudu (m)

2. Debit Aliran

Perhitungan debit aliran bertujuan untuk mengoptimalkan sumber air yang dipakai sebagai irigasi. Debit aliran mampu dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = A \cdot v$$

Keterangan:

Q = debit aliran (m³/s)

A = luas penampang (m²)

V = kecepatan aliran (m/s)

3. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran air pada turbin propeller berdasarkan aliran yang masuk ke reservoir. kecepatan air dapat dihitung dengan:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

v = kecepatan aliran (m/s)

Q = debit aliran (m³/s)

A = luas penampang (m²)

4. Gaya Pembebanan

Gaya adalah besarnya usaha yang dibutuhkan tiap jarak yang ditempuh. Menghitung gaya untuk memutar turbin dipengaruhi oleh luas penampang, suhu, dan kecepatan aliran air. Maka dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$F = m \cdot g$$

Keterangan:

F = gaya pembebanan (N)

m = massa/beban (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

5. Head Efektif Air

$$H = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Dimana:

H = head efektif air (m)

v = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

6. Torsi

Torsi adalah hasil gaya dengan lengan. Turbin air merupakan sarana untuk perubahan air menjadi energi gerak putar torsi pada poros turbin. Torsi yang dihasilkan oleh turbin dipengaruhi gaya untuk memutar turbin dan jari-jari turbin. Maka diperoleh persamaan torsi turbin yang dapat dituliskan sebagai berikut : (Dietzel, Frits, Dakso Sriono 1996).

$$\tau = F \cdot r$$

Keterangan:

τ = torsi turbin (Nm)

F = gaya (N)

r = jari-jari sudu (m)

7. Kecepatan Angular/sudut

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Dimana:

ω = kecepatan angular (rad/s)

n = putaran turbin (rpm)

π = 3,14

8. Daya Air

Daya air adalah daya yang dihasilkan air terhadap laju usaha yang dilakukan terhadap waktu. Sudu menggunakan energi air untuk menghasilkan momen puntir pada poros. Daya air bergantung pada kecepatan air (v) dan debit air (Q),: (Dietzel, Fritz, Dakso Sriono 1996).

$$P_{\text{air}} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

Keterangan:

P_{air} = daya air (Watt)

ρ = massa air (kg/m^3)

Q = debit air (m^3/s)

H = head (m)

9. Daya Turbin

Perhitungan daya turbin yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin air dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_t = \tau \cdot \omega$$

Keterangan :

P_t = daya turbin (Watt)

T = torsi (Nm)

ω = kecepatan angular (rad/s)

10. Efisiensi

Efisiensi yang dihasilkan turbin air adalah perbandingan daya turbin (P turbin) dengan daya air (P_{air}), dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut: (Sriono Dakso 1996).

$$\eta = \frac{P_t}{P_{\text{air}}} \cdot 100\%$$

Keterangan:

η = efisiensi turbin (%)

P_t = daya turbin (Watt)

P_{air} = daya air (Watt)

1.3 Sitasi dan Referensi

Dalam perancangan dan penelitian yang dilakukan oleh Andi Haris Muhammad, Abdul Latief Had, dan Wayan terti pada tahun 2009 yang berjudul “study eksperimental perancangan turbin air terapung tipe *helical blades*” jumlah sudu antara 3 sudu, diameter sudu 101 cm, tinggi sudu 83 cm, dan panjang *chord line* 40 cm, dengan variasi sudut puntir 45° , 90° , 135° , dan kecepatan 0,55 m/s. Diperoleh hasil dengan sudut puntir 45° didapatkan hasil rpm 0 dan efisiensi 0, sudut puntir 90° didapatkan hasil rpm 6,65 dan efisiensi 0,35, sudut puntir 135° diperoleh hasil rpm 5,27 dan efisiensi 0,349. Dengan demikian hasil paling maksimal yg diperoleh terjadi pada sudut 45° dengan efisiensi kerja 35%.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Dyos Santoso, Joni Yanto, dkk pada tahun 2011 yang berjudul “studi eksperimental pada turbin air aliran lintang yang menggunakan sudu *helikal* dengan penampang air *foil*” Jumlah sudu 3 *blade* dengan karakteristik NACA 0020, diameter turbin 300 mm, tinggi turbin 400 mm, panjang *chord* 60mm. Pengujian dilakukan dengan empat nilai kecepatan aliran 0,6 m/s, 0,8 m/s, 1,0 m/s, 1,2 m/s. Hasil maksimal yang

didapatkan adalah efisiensi 17% pada TSR 1,24 dan daya yang dihasilkan 17,98 W pada kecepatan aliran 1,2 m/s.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Eka Yawara, Y. Agus Jayatun, Daru Sugati pada tahun 2016 yang berjudul “pengaruh profil sudu terhadap koefisien daya turbin” metode yang digunakan adalah simulasi numerik menggunakan perangkat lunak *solidworks*. Dengan karakteristik 3 model profil Naca 0012, 0017, 0022 dan panjang *chord* 10 cm, diameter turbin 40 cm, tinggi turbin 80 cm, dan sudut puntir 30° , 60° , 90° kecepatan aliran 0,5 m/s, 1,0 m/s, 1,5 m/s, 2,0 m/s. Hasil terbaik didapat pada profil NACA 0017 dengan koefisien daya C_p tertinggi mencapai 18,9% dan rata-rata 17,3% pada sudut puntir 30° .

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Jeri Pranio dan Karnowo 2020 yang berjudul “ pengaruh jumlah sudu dan kecepatan air terhadap kinerja turbin air sumbu vertikal tipe heliks Gorlov” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu dan kecepatan air terhadap kinerja turbin air sumbu vertikal tipe Heliks Gorlov. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif. Data yang diperoleh berupa variasi jumlah sudu dan variasi kecepatan air. Variasi jumlah sudu yang digunakan adalah 2 sudu, 3 sudu, dan 4 sudu. Variasi kecepatan air yang digunakan yaitu 0,81 m/s, 0,94 m/s, 1,08 m/s, dan 1,18 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah sudu dan kecepatan air mempengaruhi kinerja turbin air heliks Gorlov. Kedua, kecepatan air mempengaruhi kinerja turbin air heliks Gorlov. Turbin heliks Gorlov paling optimal berdasarkan hasil penelitian dengan nilai koefisien daya (C_p) tertinggi yaitu turbin dengan 2 sudu pada kecepatan air 0,94 m/s yang menghasilkan nilai C_p sebesar 0,00376 dan nilai TSR 1,35.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Aripasetya, S. Adiwibowo, P. H. 2010 yang berjudul “eksperimental pengaruh kemiringan sudut sudu berpenampang plat data terhadap kinerja turbin aliran *vortex*” penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kemiringan sudut sudu terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Dengan cara membuat turbin *vortex* berpenampang plat datar yang memvariasikan kemiringan sudut sudu, yakni 0° ; $7,5^\circ$; 15° dan $22,5^\circ$. Pengujian akan dilaksanakan berdasarkan kapasitas aliran 7,9987 L/s; 9,3092 L/s; 11,0429 L/s; 13,4434 L/s terhadap efisiensi dan daya turbin. Hasil dari penelitian ini kemiringan sudut sudu turbin yang optimal adalah kemiringan sudut sudu $22,5^\circ$ dengan kapasitas 13,4434 L/s dengan daya yang didapatkan 51,03 Watt pada beban 1 kg. Sedangkan efisiensi tertinggi dengan kemiringan sudut sudu $22,5^\circ$ yang terdapat pada kapasitas 7,9987 L/s dengan efisiensi yang didapatkan 64,58% pada beban 1 kg. Variasi kemiringan sudut sudu memiliki pengaruh terhadap kenaikan daya pada turbin reaksi *vortex*, hal ini

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN UKI TORAJA 2022

disebabkan karena arah jatuh aliran yang mengenai sudut sudu mendekati sudut tegak lurus.

III. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Pengukuran Kecepatan Aliran Air

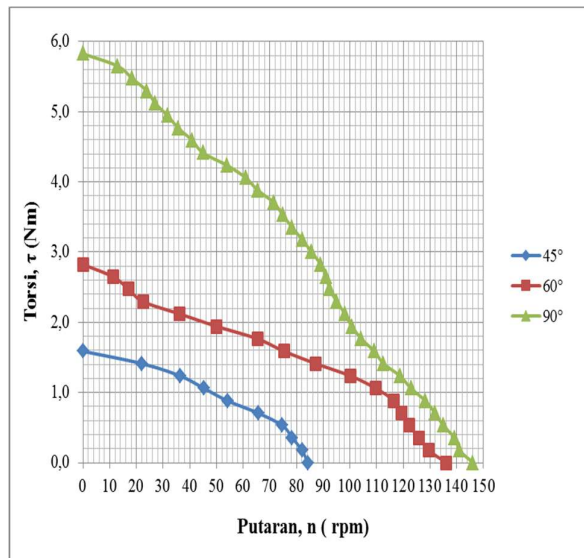
Data Kecepatan Aliran Sungai					
No	Aliran Atas (m/s)	Aliran Tengah (m/s)	Aliran Bawah (m/s)	Rata-rata aliran (m/s)	Rata-rata aliran (m/s)
1	1,60	1,75	1,55	1,63	1,64
2	1,60	1,75	1,51	1,62	
3	1,64	1,75	1,55	1,65	
4	1,64	1,75	1,51	1,63	
5	1,60	1,75	1,55	1,63	
6	1,64	1,75	1,51	1,63	
7	1,60	1,75	1,55	1,63	
8	1,64	1,75	1,55	1,65	
9	1,64	1,75	1,51	1,63	
10	1,64	1,75	1,55	1,65	

Tabel 2. Data hasil pengukuran kecepatan dan putaran

No	Sudut Kemiringan Sudu (°)	beban, m (kg)	putaran, n (rpm)			
			n ₁	n ₂	n ₃	\bar{n}
1	45°	0	84,6	84,8	83,1	84,2
		0,5	81,3	82,6	82,4	82,1
		1,0	78,9	78,4	77,9	78,4
		1,5	74,1	75,6	74,4	74,7
		2,0	66,3	65,8	65,0	65,7
		2,5	53,8	55,3	53,3	54,1
		3,0	45,1	44,7	46,3	45,4
		3,5	36,0	36,3	37,0	36,4
		4,0	22,1	22,7	21,2	22,0
		4,5	0	0	0	0
2	60°	0	136,2	135,8	136,3	136,1
		0,5	129,5	129,9	129,3	129,6
		1	125,7	125,8	126,1	125,9
		1,5	121,8	121,7	122,9	122,1
		2	119,1	119,1	119,8	119,3
		2,5	116,4	116,5	116,6	116,5
		3	109,7	109,7	109,7	109,7

		3,5	100,5	100,0	100,5	100,3
		4	86,8	86,9	87,8	87,2
		4,5	74,8	75,5	75,6	75,3
		5	65,1	65,7	65,2	65,3
		5,5	50,0	50,0	50,5	50,1
		6	36,5	35,8	36,6	36,3
		6,5	22,1	22,7	22,7	22,5
		7	17,0	17,2	17,0	17,1
3	90°	7,5	11,1	11,4	11,4	11,3
		8	0	0	0	0,0
		0	145,8	146,8	145,7	146,1
		0,5	141,2	141,9	140,2	141,1
		1	138,0	139,8	139,8	139,2
		1,5	135,8	134,3	134,9	135,0
		2	132,6	131,5	131,4	131,8
		2,5	128,5	127,8	128,5	128,3
		3	123,3	123,3	122,1	122,9
No	Sudut Kemiringan Sudu (°)	beban, m (kg)	putaran, n (rpm)			
			n ₁	n ₂	n ₃	\bar{n}
		3,5	119,3	119,1	118,0	118,8
		4	113,4	112,0	112,3	112,6
		4,5	109,6	108,7	108,9	109,1
		5	104,4	104,8	103,6	104,3
		5,5	101,2	100,3	100,5	100,7
		6	98,6	97,7	98,1	98,1
		6,5	95,7	94,7	94,7	95,0
		7	92,7	92,9	91,6	92,4
		7,5	90,7	90,8	91,7	91,1
		8	88,3	89,9	88,9	89,0
		8,5	84,4	85,6	86,7	85,6
		9	82,0	81,8	82,7	82,2
		9,5	78,6	77,2	79,0	78,3
		10	74,3	75,6	74,5	74,8
		10,5	71,0	71,7	71,5	71,4
		11	65,3	65,6	65,3	65,4
		11,5	60,6	61,2	60,9	60,9
		12	55,3	53,3	53,1	53,9

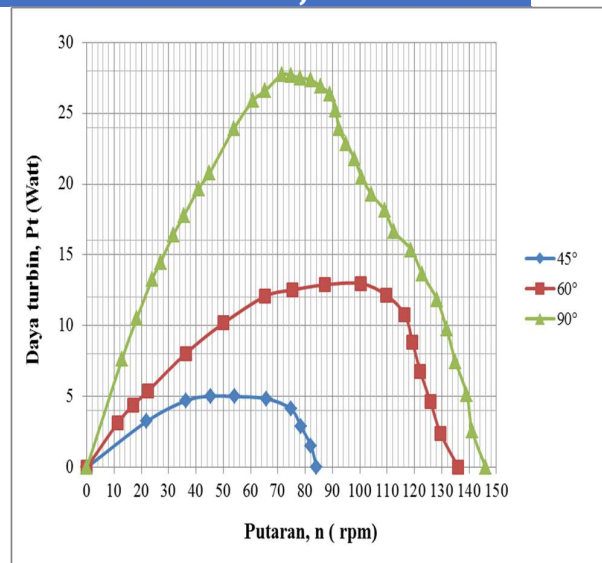
	12,5	45,4	45,0	44,4	44,9
	13	40,2	41,1	41,6	41,0
	13,5	37,5	34,5	35,0	35,7
	14	31,1	32,5	31,6	31,7
	14,5	27,4	26,7	27,0	27,0
	15	24,8	23,4	23,6	23,9
	15,5	18,1	18,7	18,4	18,4
	16	11,7	13,7	13,5	13,0
	16,5	0	0	0	0



Gambar 4. Grafik pengaruh putaran (rpm) terhadap torsi (τ) dengan variasi *pitch angle*

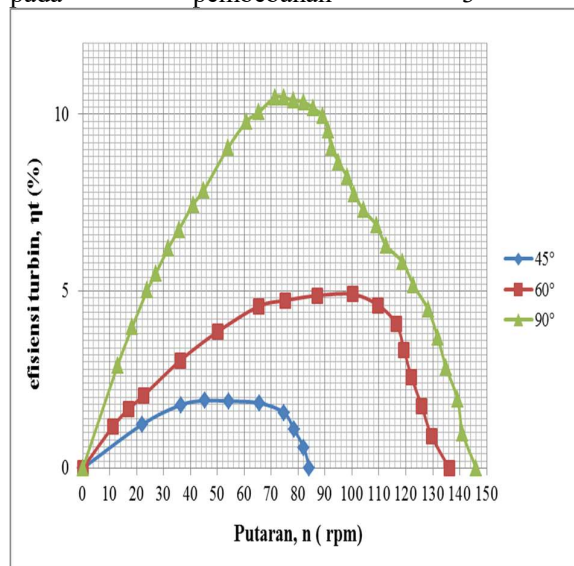
Pada grafik 4.1 dapat dilihat dan dianalisa bahwa pada *pitch angle* 90° menghasilkan torsi yang paling besar yaitu 5,83 Nm, pada beban 16,5 kg, kemudian pada *pitch angle* 60° menghasilkan torsi sebesar 2,83 Nm, pada beban 8 kg, dan pada *pitch angle* 45° menghasilkan torsi sebesar 1,59 Nm pada beban 4,5 kg.

Pada grafik 4.1 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar *pitch angle* yang diberikan akan menghasilkan putaran (rpm) dan torsi (τ) yang besar, sebaliknya semakin kecil *pitch angle* yang diberikan, akan menghasilkan putaran (rpm) dan torsi (τ) yang kecil pula.



Gambar 5. Grafik pengaruh putaran (rpm) terhadap daya (W) dengan variasi *pitch angle*

Pada grafik 4.2 dapat dilihat bahwa analisa efisiensi turbin air Gorlov empat sudu dengan variasi *pitch angle* 90° dengan jumlah debit 0,197 m³/s yaitu 27,7 Watt pada putaran 71,4 rpm, pada pembebanan 10,5 kg, pada *pitch angle* 60° dengan debit 0,197 m³/s yaitu 13,0 Watt pada putaran 100,3 rpm pada pembebanan 3,5 kg, dan pada *pitch angle* 45° dengan debit 0,197 m³/s yaitu 5,0 Watt pada putaran 45,4 rpm pada pembebanan 3 kg.



Gambar 6. Grafik pengaruh putaran (rpm) terhadap efisiensi (%) dengan variasi *pitch angle*

Dapat dilihat pada grafik 4.3 di atas bahwa efisiensi tertinggi terdapat pada *pitch angle* 90° yaitu mencapai 10,49 % pada putaran 71,4 rpm, pada *pitch angle* 60° yaitu 4,91 % pada putaran 100,3rpm, dan pada *pitch angle* 45° menghasilkan efisiensi sebesar 1,90 % pada putaran 45,4 rpm.

IV Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian secara eksperimen turbin air Gorlov empat sudu tipe tegak lurus dengan variasi *pitch angle* 45°, 60°, dan 90° dapat disimpulkan bahwa:

1. Torsi maksimum dihasilkan pada *pitch angle* 90° sebesar 5,83 Nm pada beban 16,5 kg.
2. Daya maksimum dihasilkan pada *pitch angle* 90° sebesar 27,7 Watt, pada putaran 71,4 rpm dan pembeban 10,5 kg.
3. Efisiensi maksimum dihasilkan pada *pitch angle* 90° sebesar 10,49 % pada putaran 71,4 rpm dan pembeban 10,5 kg.

REFERENSI

- Afandi, Ari Rachamad Afandi. (2018) "*Analisa Pengaruh Jumlah Sudu Dan Laju Aliran Terhadap Performa Turbin Kaplan*" Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Untang Surabaya.
- Ariprasetya, S. dan Adiwibowo, P. H. (2010) '*Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Sudu Berpenampang Plat Data Terhadap Kinerja Turbin Aliran Vortex*', Jurnal Teknik Mesin, 06(01), pp. 105–113.
- Irwan Kurniawan. (2014) "*Kajian Eksperimen Dan Numerikal Turbin Air Heliks Gorlov Untuk Twist Angle 60° Dan 120°*" Jurnal Teknobiologi, V(1), 2014 : 7-13
- Jeri Pranio, Karnowo. (2020) "*Pengaruh Jumlah Sudu Dan Kecepatan Air Terhadap Kinerja Turbin Air Sumbu Vertikal Tipe Heliks Gorlov*" ,Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universita Negeri Semarang, Vol. 18 No.1
- Khoiri, Eko Handi Seputro, dkk. (2019) "*Desing And Bulid In Dlundung Tourism Area Trawas.*" Diss untang 1945 surabaya.
- Muhammad Burhannuddin, Abdulkadir, dkk. (2020) "*Merancang, Membuat, Dan Meneliti Turbin Gorlov Sumbu Vertikal Dengan Profil Naca 0012 Dengan Sudut Puntir 45°*" Jurnal Teknik Mesin Vol.01, No.01, Pp.39-45
- Muhammad, Andi, dkk. (2009) "*Studi Eksperimen Turbin Air Terapung Tipe Helical Blades*" Jurnal Penelitian Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
- Yawara, Eka. (2016) "*Pengaruh Profil Sudu Terhadap Korfisien Daya Turbin Gorlov*", Jurnal Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.Vol. 1. No. 2, November 2016, pp. 7-11