



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 3 Tahun 2024 Page 19091-19101

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Efisiensi Turbin Air Gorlov Empat Sudu Helical dengan Variasi *Pitch Angle*

Nitha^{1✉}, Nofrianto Pasae², Fikran³, Yafet Bontong⁴, Petrus Sampelawang⁵

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Toraja

Email: nithan039@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur torsi, daya, dan efisiensi maksimum dari prototipe turbin air Gorlov 4 (empat) sudu helical dengan variasi pitch angle (sudut kemiringan) dan twist angle (sudut puntir) 60 derajat. Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini untuk menguji kinerja prototipe turbin air dengan variasi pitch angle (sudut kemiringan) untuk mengukur torsi, daya, dan efisiensi mekanis. Selanjutnya, data diambil dengan tachometer, alat ukur putaran. Pengujian turbin air Helical Gorlov dengan variasi pitch angle 30 °, 45 °, dan 60 ° menghasilkan torsi maksimum sebesar 3,88Nm pada beban 11 kg, daya maksimum sebesar 19,1 Watt dengan putaran 93,9 rpm, dan efisiensi maksimum sebesar 7,24% dengan putaran 93,9 rpm.

Kata Kunci : *Torsi, Daya, Efisiensi, Gorlov, Pitch Angle, Helical, Twist Angle, Empat Sudu*

Abstract

This study aims to measure the maximum torque, power, and efficiency of the Gorlov 4 (four) helical blade water turbine prototype with pitch angle and twist angle variations of 60 degrees. The experimental method is used in this study to test the performance of the water turbine prototype with pitch angle variations to measure torque, power, and mechanical efficiency. Furthermore, data is taken with a tachometer, a rotation measuring instrument. Testing the Helical Gorlov water turbine with pitch angle variations of 30 °, 45 °, and 60 ° produces a maximum torque of 3.88 Nm at a load of 11 kg, a maximum power of 19.1 Watts with a rotation of 93.9 rpm, and a maximum efficiency of 7.24% with a rotation of 93.9 rpm.

Keywords: *Torque, Power, Efficiency, Gorlov, Pitch Angle, Helical, Twist Angle, Four Blades*

PENDAHULUAN

Turbin helical Gorlov dikembangkan oleh Profesor Alexander Gorlov dari Northeastern University pada tahun 1995 dan dapat mengubah energi kinetik arus aliran menjadi energi mekanis dan gerak putar. Ini digunakan untuk menghasilkan listrik dari air pasang surut di pedesaan Amazon di Brasil. Turbin ini juga dapat digunakan untuk energi arus sungai, arus laut, dan arus laut.

Pengembangan potensi sumber energi seperti angin, air, matahari, biogas, dan lainnya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di wilayah terpencil. Potensi sumber energi ini cukup besar, tetapi belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kesejahteraan masyarakat. Salah satu contohnya adalah pengembangan turbin air, yang memiliki potensi yang cukup besar untuk pembangkitan energi listrik. Akibat penggunaan energi fosil yang berlebihan di seluruh dunia, jumlah energi yang digunakan semakin berkurang. Ilmuwan di seluruh dunia menyadari hal ini dan meneliti berbagai sumber energi alternatif. Arus air adalah salah satu sumber energi yang banyak dipelajari. Banyak turbin digunakan. Dengan potensi sumber daya air sebesar 3.200 miliar meter kubik per tahun, Indonesia adalah negara agraris dengan potensi sumber daya air terbesar kelima di dunia. Karena angin tidak stabil di Indonesia, turbin air lebih disukai daripada turbin angin.

Untuk memanfaatkan sumber energi terbaru, pompa listrik tenaga air menjadi salah satu opsi. Namun, metode saat ini memerlukan teknologi sederhana. Meskipun produksinya sangat hemat biaya, jenis penggerak listrik ini masih digunakan dalam skala kecil. Dengan kata lain, pembangkit-pembangkit jenis ini hanya mampu menghasilkan energi listrik yang cukup untuk sejumlah rumah. Tergantung pada output daya listrik yang dihasilkan, jenis pembangkit listrik tenaga air ini sering disebut sebagai microhydro atau picohydro.

Tinjauan Pustaka

Tujuan program ini, menurut Iwan Kurniawan (2014), adalah untuk menciptakan, mengubah, dan membandingkan turbin air Gorlov dengan sudu pipa belah tiga. Hasil pengujian dan analisis numerik turbin helical Gorlov menggunakan profil NACA 0020 menunjukkan harga CP 10% dan 9,9% masing-masing untuk twist angle 60° dan 120° , dan nilai simulasi numerik adalah 31% dan 27,5% masing-masing. Pengujian numerik dan simulasi numerik masih jauh di bawah CP Gorlov, yang berkisar antara 32% dan 38%. Salah satu teori penyebab perbedaan ini adalah bahwa model blade turbin tidak mengikuti kelengkungan garis edar turbin dalam analisis numerik. Akibatnya, pada sudut azimuth 0° dan 180° , coefficient lift (CL) adalah nol.

Menurut Atom Try dkk. (2020), tujuan dari rancang bangun ini adalah untuk membuat desain casing turbin Gorlov, poros, sudu, dan bantalan, serta bahan yang tepat. Tujuan dari penelitian yang dilakukan oleh Herning Hapsari Wibawanto dkk. (2018) adalah untuk menentukan lebar sudu turbin berpenampang lurus yang paling cocok untuk daya dan efisiensi. Dalam penelitian ini, metode eksperimen digunakan.

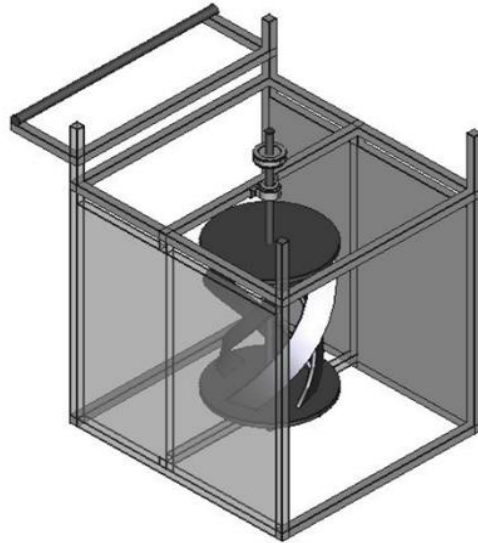
Menurut Faadhil Muhammad dkk. (2018), pengembangan tersebut dapat dicapai melalui turbin angin; salah satunya adalah turbin heliks Gorlov. Sudut serang adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja turbin heliks Gorlov. Membuat sudut serang menjadi 90 derajat dan menambah plat kurva adalah dua contoh inovasi yang dapat dilakukan. Gaya lift dan drag yang bekerja pada sudu berubah karena perubahan sudut serang. Sudut serang yang tepat dapat memberikan gaya tambahan yang membantu turbin berputar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai koefisien daya turbin untuk variasi sudut serang 90 derajat dan penambahan plat kurva mencapai 0,33 pada TSR 0,677. Data menunjukkan bahwa penambahan curveplate dan perubahan sudut serang dapat meningkatkan hasil power coefficient. Dengan menggunakan data kecepatan arus laut di Kelurahan Pabiringa, Kecamatan Binamu, wilayah laut Jeneponto, penelitian ini bertujuan untuk menentukan potensi pembangkit listrik energi terbarukan dari arus laut tersebut. Jenis turbin yang efisiensinya sesuai dengan kecepatan arus laut diperlukan untuk mengetahui jumlah daya yang akan dihasilkan. Data diambil dari Stasiun BMKG Makassar. Pada kedalaman 10 meter, arus laut memiliki kecepatan minimum 13,3 cm/s (0,13 m/s) dan kecepatan maksimum 27 cm/s (0,27 m/s).

Studi ini menggunakan permodelan turbin Gorlov yang telah diteliti sebelumnya oleh Khair Misbahul dkk. (2016). Menurut perhitungan kecepatan arus laut pada kedalaman 10 meter, daya minimum yang dapat diperoleh adalah 60 Watt, sedangkan daya maksimum yang dapat diperoleh adalah 537,69 Watt.

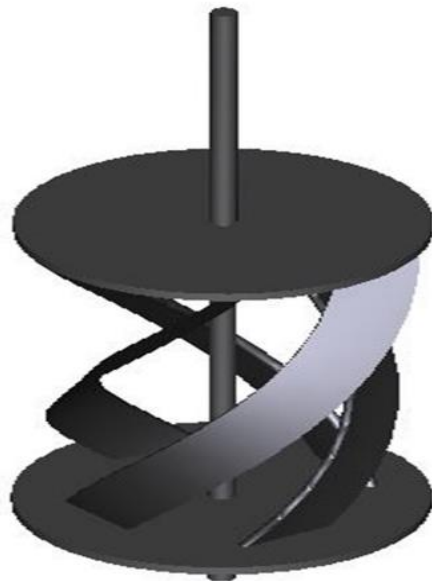
METODE PENELITIAN

Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini. Kami melakukan uji coba pada prototipe turbin air Gorlov tipe sudu helical dengan variasi pitch angle untuk mengukur kecepatan aliran air, beban, dan putaran. Tujuan dari uji coba ini adalah untuk mengukur daya, torsi, dan efisiensi turbin air Gorlov tipe sudu helical dengan variasi pitch angle.

Alat Penelitian



Gambar 1. *Layout* Turbin Gorlov



Gambar 2. Rotor Turbin Gorlov 4 sudu

Persamaan yang digunakan

1. Luas Penampang (A)

$$A = D \cdot h$$

Keterangan:

A = luas penampang sudu (m²)

D = diameter sudu (m)

h = tinggi sudu (m)

2. Debit Aliran (Q)

$$Q = A.v$$

Keterangan:

Q = debit aliran (m³/s)

A = luas penampang (m²)

v = kecepatan aliran (m/s)

3. Kecepatan Aliran

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

Keterangan:

v = kecepatan aliran (m/s)

Q = debit aliran (m³/s)

A = luas penampang (m²)

4. Gaya Pembebanan

Gaya adalah jumlah usaha yang dibutuhkan untuk mencapai setiap jarak yang ditempuh. Luas penampang, suhu, dan kecepatan aliran air adalah faktor yang memengaruhi perhitungan gaya untuk memutar turbin.

$$F = m.g$$

Keterangan:

F = gaya pembebanan (N)

m = massa/beban (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

5. *Head* Efektif Air

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

Keterangan:

H = *head* efektif air (m)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

v = kecepatan aliran (m/s)

6. Torsi

Torsi, juga disebut momen gaya, adalah gaya pada sumbu putar yang dapat membuat benda bergerak melingkar atau berputar. Gaya memutar turbin dan jari-jari turbin mempengaruhi torsi yang dihasilkan oleh turbin. Selanjutnya, persamaan torsi turbin ditemukan, yang dapat digambarkan sebagai berikut:

$$\tau = F \cdot r$$

Keterangan:

τ = torsi turbin (Nm)

F = gaya (N)

r = jari-jari sudu (m)

7. Kecepatan Angular/sudut

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

Keterangan:

ω = kecepatan angular (rad/s)

n = putaran turbin (rpm)

π = 3,14

8. Daya Air

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

Keterangan:

P_{air} = daya air (Watt)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

Q = debit air (m^3/s)

H = head (m)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Pengukuran Kecepatan Aliran Air

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. Pengukuran Beban dan Putaran *pitch angle* 30°

Sudut Kemiringan Sudu (°)	Beban, m (kg)	Putaran, n (rpm)			
		n ₁	n ₂	n ₃	n ⁻
30	0	92,6	91,7	92,3	92,2
	0,5	85,4	85,7	84,2	85,1
	1	80,8	80,9	81,5	81,1
	1,5	76,5	78,1	77,0	77,2
	2	71,9	71,0	71,5	71,5
	2,5	66,9	67,3	66,3	66,8
	3	57,9	57,3	57,6	57,6
	3,5	55,5	55,7	54,6	55,3
	4	48,8	47,6	48,1	48,2
	4,5	36,6	35,4	35,7	35,9
	5	0	0	0	0

Tabel 3. Pengukuran Beban dan Putaran *pitch angle* 45°

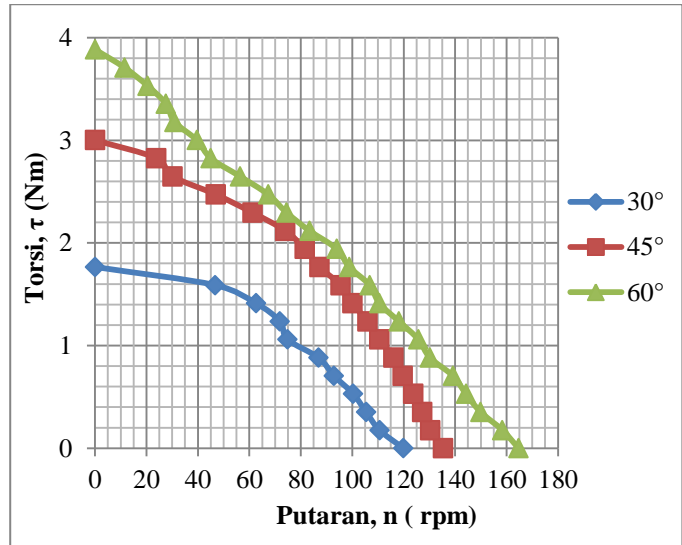
Kemiringan Sudu (°)	Beban, m (kg)	Putaran, n (rpm)			
		n ₁	n ₂	n ₃	n ⁻
45	0	103,9	104,8	103,4	104,0
	0,5	100,1	100,7	100,0	100,3
	1	98,2	98,0	97,3	97,8
	1,5	95,4	95,2	95,0	95,2
	2	92,6	91,1	92,4	92,0
	2,5	88,7	89,2	89,8	89,2
	3	85,2	85,3	84,6	85,0
	3,5	81,4	81,7	81,3	81,5

	4	77,4	76,0	77,7	77,0
	4,5	73,5	73,3	73,5	73,4
	5	67,4	66,4	67,6	67,1
	5,5	62,1	63,4	62,7	62,7
	6	56,8	57,2	56,7	56,9
	6,5	46,7	47,2	47,4	47,1
	7	36,5	35,0	36,9	36,1
	7,5	23,7	23,2	22,6	23,2
	8	18,6	18,4	18,0	18,3
	8,5	0	0	0	0

Tabel 4. Pengukuran Beban dan Putaran *pitch angle* 60°

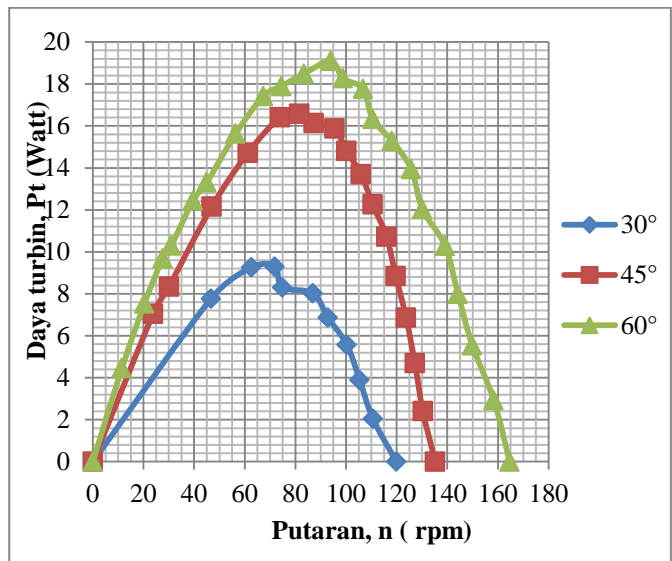
Kemiringan Sudu (°)	Beban, m (kg)	Putaran, n (rpm)			
		n ₁	n ₂	n ₃	n ⁻
60	0	126,6	126,9	126,5	126,7
	0,5	121,7	121,3	122,5	121,8
	1	115,3	114,9	115,7	115,3
	1,5	111,6	110,1	111,1	110,9
	2	106,5	107,6	107,0	107,0
	2,5	100,7	99,7	100,0	100,1
	3	96,3	97,3	96,6	96,7
	3,5	91,9	90,4	90,4	90,9
	4	85,2	84,8	85,0	85,0
	4,5	81,7	82,5	82,3	82,2
	5	76,9	75,3	75,9	76,0
	5,5	72,6	72,6	71,6	72,3
	6	63,4	64,8	64,2	64,1
	6,5	57,0	57,4	57,5	57,3
	7	55,8	56,1	54,6	55,5
	8	52,3	51,7	51,5	51,8
	8	48,3	49,3	48,0	48,5
8,5	45,5	46,0	45,9	45,8	
9	42,8	42,3	43,6	42,9	

	9,5	36,9	35,6	35,9	36,1
	10	26,6	26,8	26,9	26,8
	10,5	15,2	16,1	16,9	16,1
	11	0	0	0	0



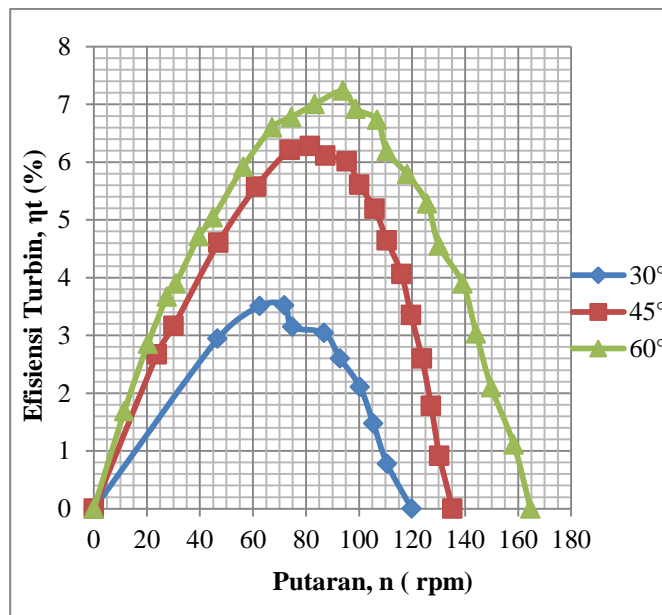
Gambar 3. Grafik pengaruh putaran (rpm) terhadap torsi (Nm) dengan variasi *pitch angle*

Pitch angle yang lebih tinggi akan menghasilkan putaran (rpm) dan torsi (τ) yang lebih besar, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Pitch angle 60° menghasilkan torsi 3,88 Nm pada beban 11 kg, pitch angle 45° menghasilkan torsi 3,00 Nm pada beban 8,5 kg, dan pitch angle 30° menghasilkan torsi 1,77 Nm pada beban 5 kg.



Gambar 4. Grafik pengaruh putaran (rpm) terhadap daya (W) dengan variasi *pitch angle*

Menurut analisis efisiensi turbin air Gorlov dengan variasi sudut putar, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4, sudut putar 60° menghasilkan daya tertinggi dengan debit (Q) $0,197 \text{ m}^3/\text{s}$, yang mencapai 19,1 Watt pada putaran 93,9 rpm pada pembebanan 5,5 kg. Sudut putar 45° menghasilkan debit (Q) $0,197 \text{ m}^3/\text{s}$, yang mencapai 16,6 Watt pada putaran 81,6 rpm pada pembebanan 5,5 kg. Sudut putar 30° menghasilkan debit (Q) $0,197 \text{ m}^3/\text{s}$.



Gambar 5. Grafik pengaruh antara putaran (rpm) terhadap efisiensi (%) dengan variasi *pitch angle*

Gambar 5 menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi dicapai pada pitch angle 60 derajat, yang mencapai 7,24 persen pada putaran 93,9 rpm, pitch angle 45 derajat, yang mencapai 6,28 persen pada putaran 81,6 rpm, dan pitch angle 30 derajat, yang mencapai 3,52 persen pada putaran 71,8 rpm.

SIMPULAN

Eksperimen dengan turbin air Gorlov tipe sudu helical yang memiliki empat sudu dengan variasi pitch angle (30° , 45° , dan 60°) menunjukkan bahwa:

1. Torsi maksimum sebesar 3,88 Nm pada beban 11 kg.
2. Daya maksimum sebesar 19,1 Watt pada putaran 93,9 rpm dan beban 5,5 kg.
3. Dengan pitch angle 60° sebesar 7,24% dan putaran 93,9 rpm dan beban 5,5 kg, efisiensi maksimum dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Antomo, Try dkk. 2020. "Analisis Pengembangan Hidrokinetik Turbin Gorlov Akibat Penambahan Luas Bidang Tangkap". *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi* Vol. 16 No. 02 (2020) 159–170
- Burhanuddin, Muhammad dan M. Abdulkadir. 2020. "Merancang, Membuat, dan Meneliti Turbin Gorlov Sumbu Vertikal dengan Profil Naca 0012 Dengan Sudut Puntir 45°". *Cendekia mekanika*, Vol. 01, No. 01, Maret 2020, pp. 39-4
- Gibran et al. 2017. "Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar", *Jurnal Dinamis*, 5(2), pp. 36–46.
- Kurniawan, Iwan. 2014. "Kajian Eksperimental dan Numerikal Turbin Air Helikal Gorlov Untuk Twist Angle 60° dan 120°". *Jurnal Teknobiologi*, V(1) 2014: 7 – 13
- Khair, Misbahul dkk. 2020. "Studi Potensi Pembangkit Energi listrik Terbarukan Arus Laut Di Wilayah Laut Jeneponto". *Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Makassar*
- Muhammad, Faadil dan Karnowo. 2018. "Pengaruh Sudut Serang Terhadap Kinerja Turbin Angin Heliks Gorlov dengan Penambahan Curveplate". *Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang*, Vol. 16 No.1 Juli 2018
- Suwoto, G. and Supriyo (2018) "Pembuatan Turbin Vortex dengan Sudu Pipa Belah Tiga Dengan Sudut Kemiringan Sudu 45°", *Jurnal Teknik Energi*, 14(3), pp. 72–77.
- Wibawanto, Harning Hapsari dkk. 2018. "Uji Eksperimental Kinerja Turbin Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Lebar Sudu. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya JTM. Vol. 6, No. 01 : Hal. 153-161.
- Pasae, N., & Pongpadatu, Y. L. E. (2021). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Impeller Tipe Twin Pitched Blade Dengan Sudut Kemiringan 45. In *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin UKI Toraja 2021*.
- Josua, D., Pasae, N., & Bontong, Y. (2022). Studi Eksperimental Turbin Air Gorlov Helical Lima Sudu Dengan Pitch Angle 45 Akibat Perubahan Twist Angle. *Prosiding Universitas Kristen Indonesia Toraja*, 2(3), 14-18.
- Sampelawang, P., & Pasae, N. (2022). Studi Eksperimen Roda Air Terapung Model Sudu Segitiga Sebagai Penggerak Pompa Spiral Dengan Variasi Jumlah Sudu. *Prosiding Universitas Kristen Indonesia Toraja*, 2(3), 7-13.