

ANALISA KINERJA TURBIN TIPE SAVONIUS MENGGUNAKAN VARIASI JUMLAH SUDU 8, 10, DAN 12 PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG

Muhammad Idrus Saleh Muladawilah^[1], Gerald Adityo Pohan,ST,M,Eng^[2]

Program Studi Teknik Mesin S- 1, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email:hamudidawilah@gmail.com

ABSTRACT

Pembangkit listrik tenaga gelombang (PLTG) , yaitu pembangkit listrik yang sumber energinya berasal dari ombak laut. PLTG dibuat untuk mendapatkan energi listrik dengan memanfaatkan energi kinetik dari gelombang laut. Pada metode penelitian ini yang dilakukan adalah metode eksperimental nyata (true experimental research). Eksprimen dilakukan melalui sebuah proses pembuatan turbin air model savonius dengan analisa dua arah, dengan variabel bebas, terikat dan terkontrol. Dapat dilihat dari grafik diatas bahwa pengaruh variasi jumlah sudu dapat mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan, seperti pada jumlah sudu 8 menghasilkan nilai efisiensi 0,31 % , untuk jumlah sudu 10 mendapatkan efisiensi yang tinggi yaitu 0,35 % , sedangkan pada sudu 12 memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 0,36 % . Efisiensi dari sudu 8 memiliki nilai efisiensi yang paling rendah, karena data yang di peroleh dan perhitungan dengan rumus memperoleh nilai efisiensi sebesar 0,31%. Dari pengaruh variasi jumlah sudu turbin savonius didapatkan sebuah data hasil perhitungan daya pada sudu 8 sebesar 0,00332 (Hp), pada sudu 10 sebesar 0,00375 (Hp), dan pada sudu 12 sebesar 0,00388 (Hp), maka dapat disimpulkan semakin banyaknya jumlah sudu yang digunakan, semakin besar daya yang dihasilkan oleh turbin savonius. Dikarenakan semakin banyak jumlah sudu menyebabkan penyempitan dan turbin menyerupai lingkaran penuh sehingga daya air tidak maksimal dalam mendorong turbin, selain itu massa dari turbin mempengaruhi kerja dari turbin itu sendiri. Dari hasil pengujian turbin savonius menggunakan variasi jumlah sudu yang paling optimal kinerjanya yaitu, sudu 12 dengan besar nilai Kecepatan Turbin sebesar 8,3 (Rad/s), Daya Turbin sebesar 0,00388 (Hp), Daya Listrik sebesar 0,017 (Hp), dan tingkat efisiensi sebesar 0,36 % . Pada proses pendesainan turbin menggunakan bantuan software inventor guna membantu dan memperoleh ketepatan bentuk serta ukuran turbin yang diinginkan. Dari penelitian variasi jumlah sudu turbin air savonius menggunakan 8, 10, dan 12 sudu. ditemukan nilai efisiensi yang paling tertinggi yaitu pada sudu 12 dengan besar nilai 0,36 % sedangkan pada efisiensi terendah pada jumlah sudu 8 yaitu sebesar 0,31 % .

Kata Kunci : PLTGL, Turbin Savonius, Variasi Sudu 8, 10, Dan 12

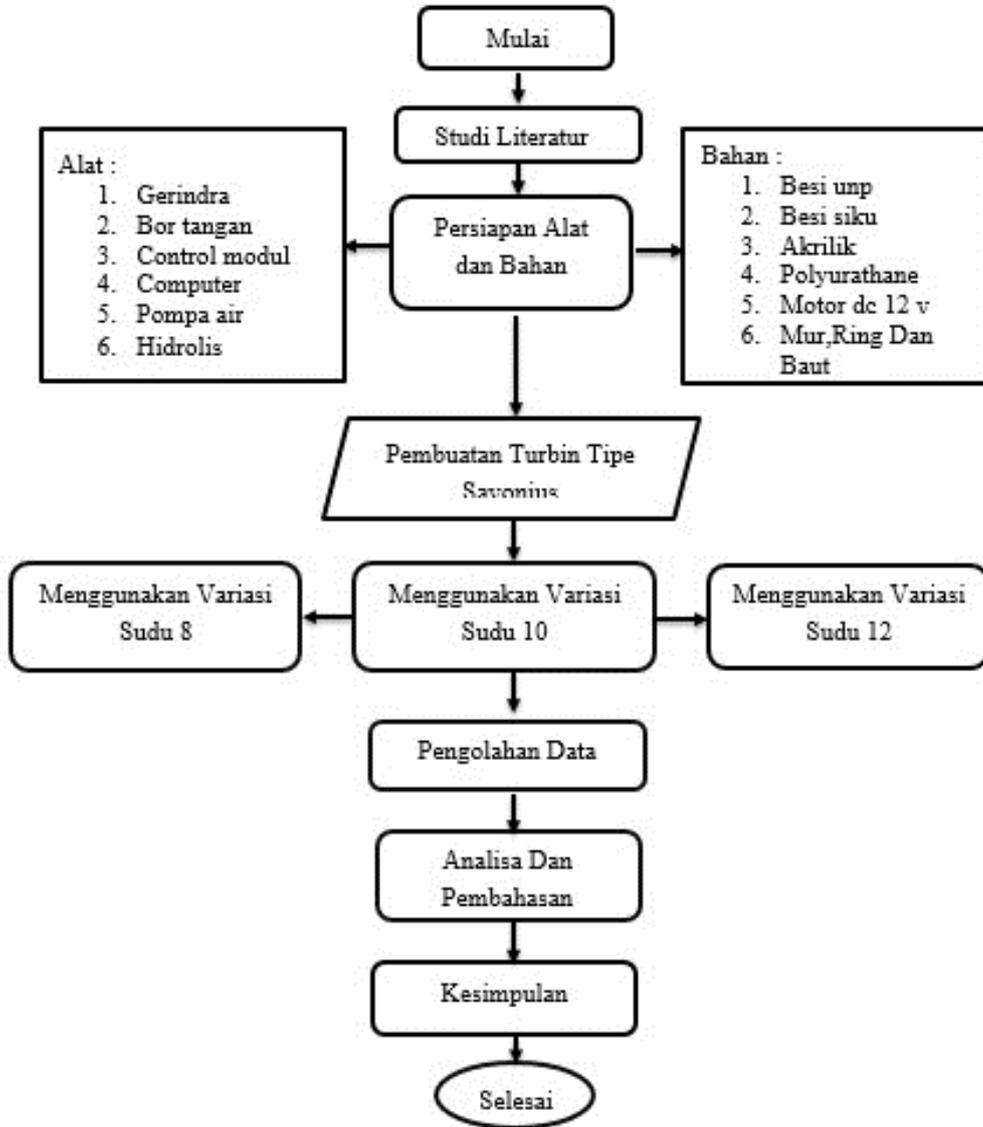
PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya zaman dan meningkatnya popularitas penduduk di Indonesia akan berdampak pada penggunaan energi yang semakin meningkat. Oleh karena itu, perkembangan teknologi menjadi pengaruh pertambahan pemakaian energi listrik. Oleh karena itu listrik sangat berperan penting dalam kehidupan. Hampir semua pembangkit listrik yang berada di wilayah Indonesia menggunakan sumber daya yang tidak dapat diperbarui (Muarif, 2020).

Pembangkit listrik tenaga gelombang (PLTG) , yaitu pembangkit listrik yang sumber energinya berasal dari ombak laut. PLTG dibuat untuk mendapatkan energi listrik dengan memanfaatkan energi kinetik dari gelombang laut. (Aminuddin, 2018). Pada umumnya PLTG bekerja dengan mengubah gelombang untuk dijadikan alat penggerak turbin (mekanik) kemudian di salurkan kedalam generator lalu dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik.

METHOD

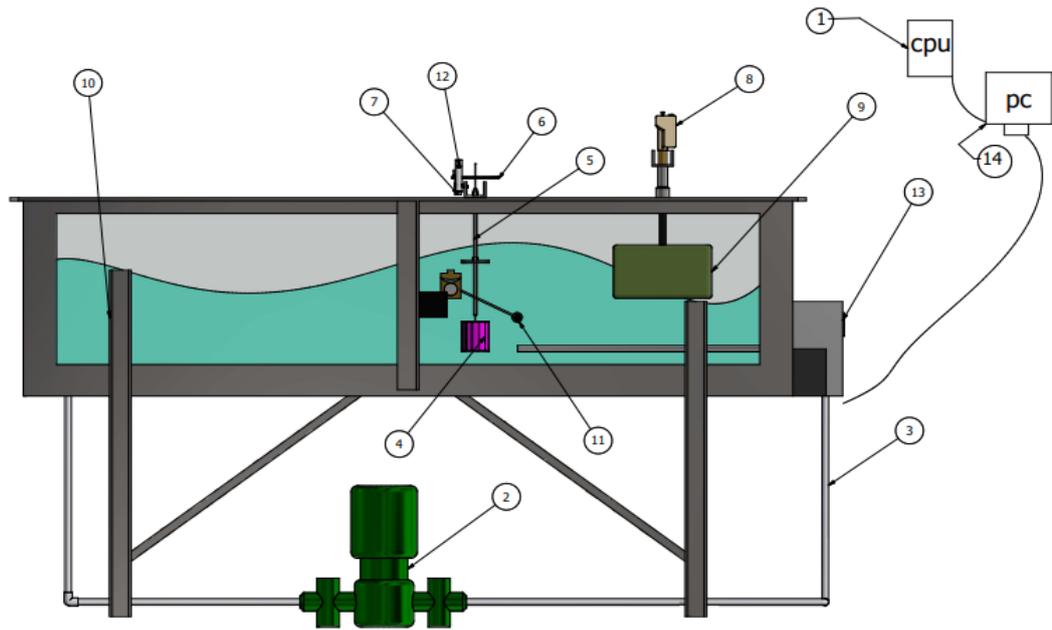
Diagram Alir



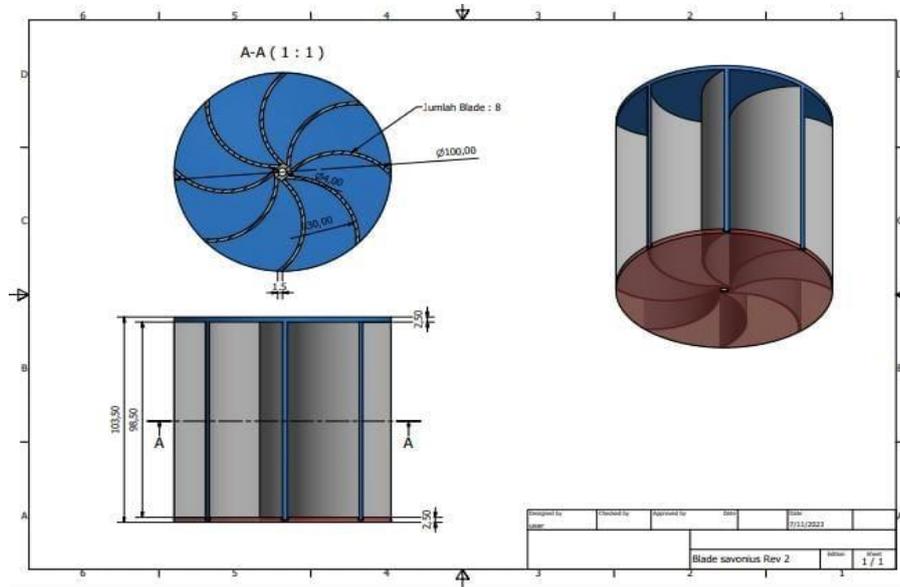
Gambar 3. 1 Diagram Alir

(Sumber : Muhammad Idrus Saleh Muladawilah.,2023)

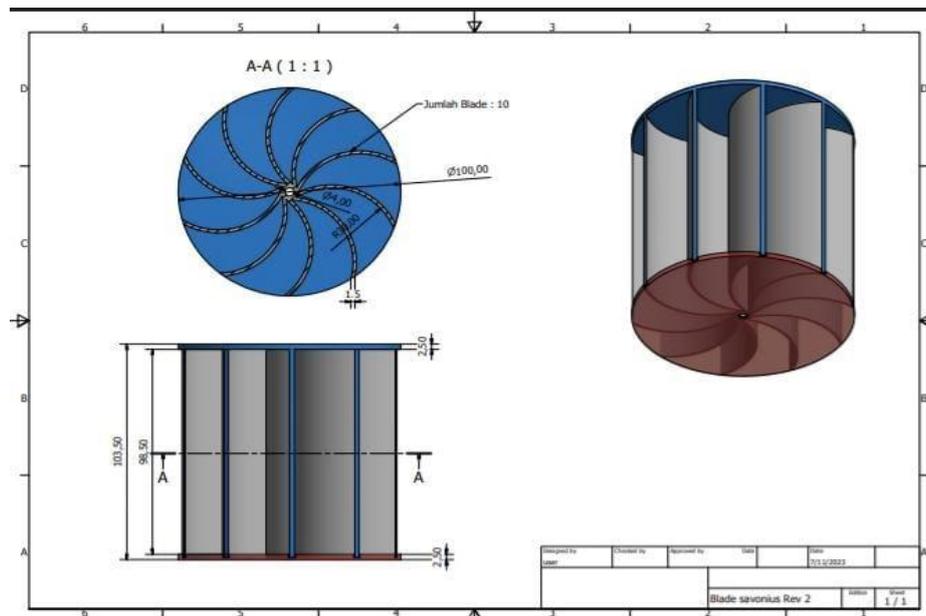
ANALISA KINERJA TURBIN TIPE SAVONIUS MENGGUNAKAN VARIASI JUMLAH SUDU 8, 10, DAN 12 PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG



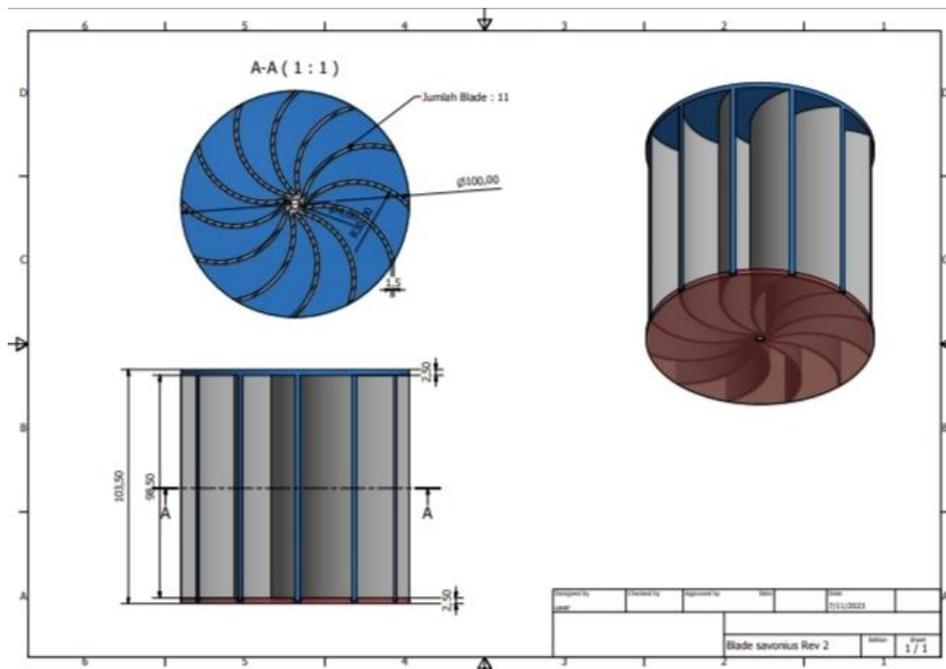
Desain Skema Alat Penelitian



Desain Turbin Savonius 8 Sudu



Desain Turbin Savonius 10 Sudu



Desain Turbin Savonius 12 Sudu

➤ Alat Dan Bahan

1. Alat

- Gerindra
- Bor Tangan
- Control Modul
- Komputer
- Pompa Air
- Hidrolis

2. Bahan

- Besi Unp
- Besi Siku
- Akrilik
- Polyurethane
- Motor Dc 12 V
- Mur, Ring Dan Baut

Rumus Yang Digunakan

1. Daya Turbin

$$P_t = T \cdot \omega$$

Dimana :

P_t = Daya Turbin (Watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan angular (rad/s)

(Prasetyo, 2016)

2. Debit Air

$$Q = V \times A$$

Dimana :

Q = Debit air (m^3/s)

V = kecepatan air (m/s)

A = luas penampang aliran air (m^2)

(Wibowo,2007)

3. Kecepatan Turbin

$$n \frac{60 v}{\pi d} \text{ (rpm)}$$

Dimana :

v = kecepatan air yang mengalir (m/s)

d = Diameter turbin (m)

(Mafrudin,2014)

4. Daya Air

$$P_a = \rho \times g \times Q \times H$$

Dimana :

ρ = Massa Jenis Air laut = 1,027 (kg/m^3)

g = gravitasi = 9,81 (m/s^2)

Q = debit air = (m^3/s)

H = tinggi gelombang 100 % = 1 cm

(Sularsa dan Tahara,1983)

5. Kecepatan Aliran (V)

$$V = \frac{s}{t}$$

Dimana :

V = Kecepatan Aliran

s = Jarak Air (m)

t = waktu (s)

(Wiludjeng,2017)

6. Torsi (T)

Karena rotor turbin bergerak lingkaran maka :

$$T = F \cdot R$$

Dimana :

T = Torsi Turbin (N.m)

R = Jari – Jari (m)

F = Gaya Pada Prony Brake (N)

(Rendi, 2020)

7. Daya listrik
Daya listrik adalah daya yang dihasilkan oleh generator.

$$p_e = V \times I \text{ (watt)}$$

Dimana :

p_e = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

(Mafrudin,2014)

8. Efisiensi Turbin

$$n = \left(\frac{P_t}{P_a} \right) \times 100\%$$

Dimana :

η = Efisiensi Turbin (%)

P_t = Daya Turbin (Watt)

P_a = Daya Air (Watt)

(Prasetyo, 2016)

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil pengujian yang di dapat dengan menggunakan turbin savonius pada variasi jumlah sudu yang berbeda-beda yakni; sudu 8, sudu 10, dan sudu 12 dengan bahan filament PLA+ diameter turbin 84 mm dan panjang 95 mm. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan pengambilan data 1 kali dalam 1 menit pada control modul dan ditranferkan ke komputer untuk mengetahui data yang muncul seperti tabel dibawah ini :

➤ Data Hasil Pengujian Turbin Savonius Menggunakan 8 Sudu

Tanggal	Jam	Motor_Amp (%)	Motor_Speed (%)	Tegangan (v)	Arus (mA)	RPM
Jumat, 07 Juli 2023	12.04.01	100	100	0.2	44	70
Jumat, 07 Juli 2023	12.05.01	100	100	0.2	91	70
Jumat, 07 Juli 2023	12.06.01	100	100	0.2	75	71
Jumat, 07 Juli 2023	12.07.01	100	100	0.2	11	68
Jumat, 07 Juli 2023	12.08.01	100	100	0.2	6	71
Rata -Rata		100	100	0,2	45,4	70

Pada tabel diatas menjelaskan karakteristik dari banyaknya jumlah sudu yang digunakan dapat mempengaruhi laju putaran pada turbin savonius. Turbin yang menggunakan 8 sudu dengan diameter 84 mm memiliki kecepatan putar 70 rpm, serta arus rata-rata yang dihasilkan sebesar 45,4 mA. Diuji 5 kali dalam kurun waktu 1 menit dengan pembebanan 0,118 kg.

➤ Tabel Analisa Data Dan Pembahasan Hasil Pengujian Turbin Savonius Menggunakan Variasi 8 Sudu

Jumlah Sudu	Motor_Amp (%)	Motor_Speed (%)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya Turbin (mW)	RPM
8 sudu	100	100	0,2	45,4	2,48	70

Dari pengujian turbin savonius menggunakan Control Modul terhadap variasi jumlah sudu 8 didapatkan sebuah tabel dan data yang mana pada pengujian tersebut diperoleh nilai Tegangan sebesar 0,2 volt, nilai Arus sebesar 45,4 Miliampere, nilai Daya Turbin sebesar 2,48 Miliwatt, dan nilai Rpm sebesar 70.

Bila melihat dari penelitian terdahulu seperti Benyamin, 2018 tentang pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin akan adanya pengaruh sigfinikan terhadap nilai arus, daya, dan rpm.

➤ Data Hasil Pengujian Turbin Savonius Menggunakan 10 Sudu

Tanggal	Jam	Motor_Amp (%)	Motor_Speed (%)	Tegangan (v)	Arus (mA)	RPM
Jumat, 07 Juli 2023	13.34.02	100	100	0.2	90	77
Jumat, 07 Juli 2023	13.35.02	100	100	0.2	36	76
Jumat, 07 Juli 2023	13.36.02	100	100	0.2	10	76
Jumat, 07 Juli 2023	13.37.02	100	100	0.2	63	78
Jumat, 07 Juli 2023	13.38.02	100	100	0.2	31	77
Rata-Rata		100	100	0,2	46	76,8

Pada tabel diatas menjelaskan karakteristik dari banyaknya jumlah sudu yang digunakan dapat mempengaruhi laju putaran pada turbin savonius. Turbin yang menggunakan 10 sudu dengan diameter 84 mm memiliki kecepatan putar 76,8 rpm, serta arus rata – rata yang dihasilkan sebesar 46 mA. Diuji 5 kali dalam kurun waktu 1 menit dengan pembebanan 0,120 kg. Alat pengambilan data berupa control modul alat ini yang mengoperasikan semua sensor dan menggerakkan naik turunnya hidrolis yang nantinya akan menggerakkan pelampung sehingga terciptalah sebuah gelombang kemudian gelombang tersebut diterima oleh sensor lalu di terima oleh control modul lalu ditransfer ke dalam komputer sehingga mendapatkan sebuah data seperti pada tabel diatas.

Dapat dilihat pada tabel 4.2 yang mana dari data tesebut dapat diketahui variasi jumlah turbin menggunakan 10 sudu sangat berpengaruh. Langkah berikutnya yang dapat dilakukan adalah dengan mencari torsi pada turbin savonius dengan variasi jumlah sudu 10 dengan diameter turbin 84 mm.

➤ Tabel Analisa Data Dan Pembahasan Hasil Pengujian Turbin Savonius Menggunakan Variasi 10 Sudu

Jumlah Sudu	Motor_Amp (%)	Motor_Speed (%)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya Turbin (Mw)	RPM
10 sudu	100	100	0,2	46	2,8	76,8

Dari pengujian turbin savonius menggunakan Control Modul terhadap variasi jumlah sudu 10 didapatkan sebuah tabel dan data yang mana pada pengujian tersebut diperoleh nilai Tegangan sebesar 0,2 volt, nilai Arus sebesar 46 Miliampere, nilai Daya Turbin sebesar 2,8 Miliwatt, dan nilai Rpm sebesar 76,8.

Bila melihat dari penelitian terdahulu seperti Sri Wiododo, 2018 tentang pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin akan adanya pengaruh yang sigfinikan terhadap nilai arus, daya dan rpm

ANALISA KINERJA TURBIN TIPE SAVONIUS MENGGUNAKAN VARIASI JUMLAH SUDU 8, 10, DAN 12 PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG

➤ Data Hasil Pengujian Turbin Savonius Menggunakan 12 Sudu

Tanggal	Jam	Motor_Amp (%)	Motor_Speed (%)	Tegangan (v)	Arus (mA)	RPM
Jumat, 07 Juli 2023	12.56.02	100	100	0.2	64	80
Jumat, 07 Juli 2023	12.57.02	100	100	0.2	31	81
Jumat, 07 Juli 2023	12.58.02	100	100	0.2	49	79
Jumat, 07 Juli 2023	12.59.02	100	100	0.2	89	80
Jumat, 07 Juli 2023	13.00.02	100	100	0.2	92	80
Rata-Rata		100	100	0,2	65	80

Pada tabel diatas menjelaskan karakteristik dari banyaknya jumlah sudu yang digunakan dapat mempengaruhi laju putaran pada turbin savonius. Turbin yang menggunakan 12 sudu dengan diameter 84 mm memiliki kecepatan putar 80 rpm, serta arus rata – rata yang dihasilkan sebesar 65 mA. Diuji 5 kali dalam kurun waktu 1 menit dengan pembebanan 0,122 kg. Alat pengambilan data berupa control modul alat ini yang mengoperasikan semua sensor sensor dan mengerakkan naik turunnya hidrolis yang nantinya akan menggerakkan pelampung sehingga terciptalah sebuah gelombang kemudian gelombang tersebut diterima oleh sensor lalu di terima oleh control modul lalu ditransfer ke dalam komputer sehingga mendapatkan sebuah data seperti pada tabel diatas.

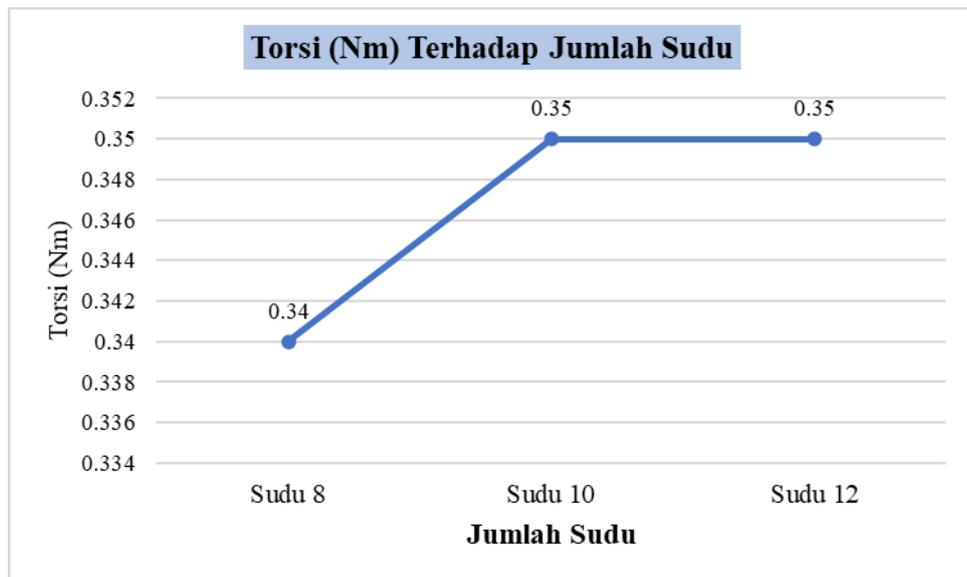
Dapat dilihat pada tabel 4.3 yang mana dari data tersebut dapat diketahui variasi jumlah turbin menggunakan 12 sudu sangat berpengaruh. Langkah berikutnya yang dapat dilakukan adalah dengan mencari torsi pada turbin savonius dengan variasi jumlah sudu 12 dengan diameter turbin 84 mm.

➤ Tabel Analisa Data Dan Pembahasan Hasil Pengujian Turbin Savonius Menggunakan Variasi 12 Sudu

Jumlah Sudu	Motor_Amp (%)	Motor_Speed (%)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya Turbin (Mw)	RPM
12 sudu	100	100	0,2	65	2,90	80

Dari pengujian turbin savonius menggunakan Control Modul terhadap variasi jumlah sudu 4 didapatkan sebuah tabel dan data yang mana pada pengujian tersebut diperoleh nilai Tegangan sebesar 0,2 volt, nilai Arus sebesar 65 Miliampere, nilai Daya Turbin sebesar 2,90 Miliwatt, dan nilai Rpm sebesar 80

➤ Grafik Pengaruh Torsi (Nm) Terhadap Jumlah Sudu

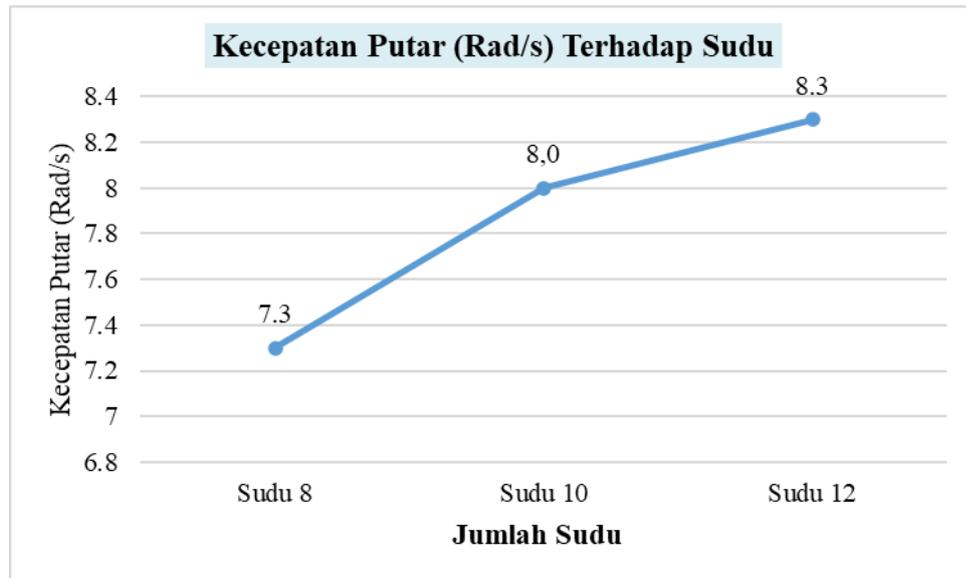


Dari grafik yang diatas kita bisa melihat pengaruh torsi (NM) dengan variasi jumlah sudu yang di gunakan yaitu 8 mempunyai nilai paling kecil dengan nilai 0,34 Nm dan untuk jumlah sudu 10 memiliki nilai besar yaitu dengan nilai 0,35 Nm sedangkan jumlah sudu 12 mempunyai nilai yang sama dengan sudu 10 yaitu 0,35 Nm.

Yang artinya variasi jumlah sudu yang berbeda dapat mempengaruhi torsi (Nm) yang dihasilkan turbin karena pengaruh dari nilai pembebanan yang beda. Semakin besar nilai pembebanan maka semakin besar nilai torsi yang dihasilkan.

Dalam pengujian ini nilai pembebanan berpengaruh terhadap aliran kecepatan air yang diperoleh dan variasi jumlah sudu yang setiap jumlah sudunya berbeda daya yang dihasilkan, maka besar nilai pembebanan di pengaruhi oleh kecepatan aliran air dan jumlah sudu.

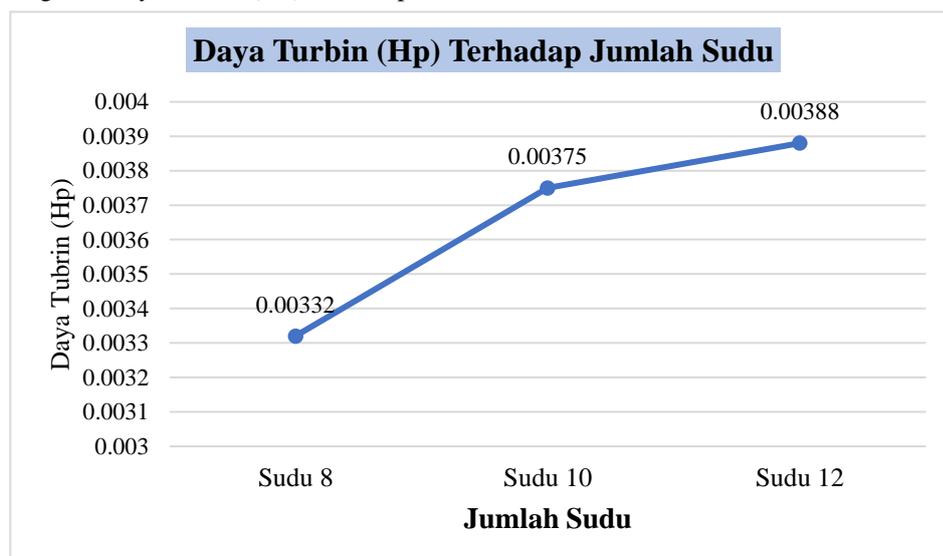
➤ Grafik Pengaruh Kecepatan Turbin Terhadap Jumlah Sudu



Pada grafik yang didapatkan bahwa pengaruh dari variasi jumlah sudu terhadap kecepatan putar dengan sudu 8 memiliki hasil kecepatan putar (rad/s) sebesar 7,3 (rad/s), untuk sudu 10 memiliki hasil kecepatan putar sebesar 8,0 (rad/s), dan terakhir pada jumlah sudu 12 memiliki hasil kecepatan putar 8,3 (rad/s). Pada grafik sudu 10 mengalami penurunan di karenakan dari data yang diperoleh dan selanjutnya dilakukannya perhitungan dengan rumus memperoleh nilai kecepatan putar sebesar 8,0 (rad/s).

Yang artinya besar nilai kecepatan poros (Rpm) yang dihasilkan turbin di pengaruhi oleh jumlah sudu, yang dimana jumlah sudu 10 memiliki putaran poros (Rpm) paling rendah dan pada jumlah sudu 8 mengalami putaran poros (Rpm) yang paling besar. Semakin besar nilai putaran (Rpm) maka semakin besar nilai kecepatan putar (Rad/s) yang di dapatkan.

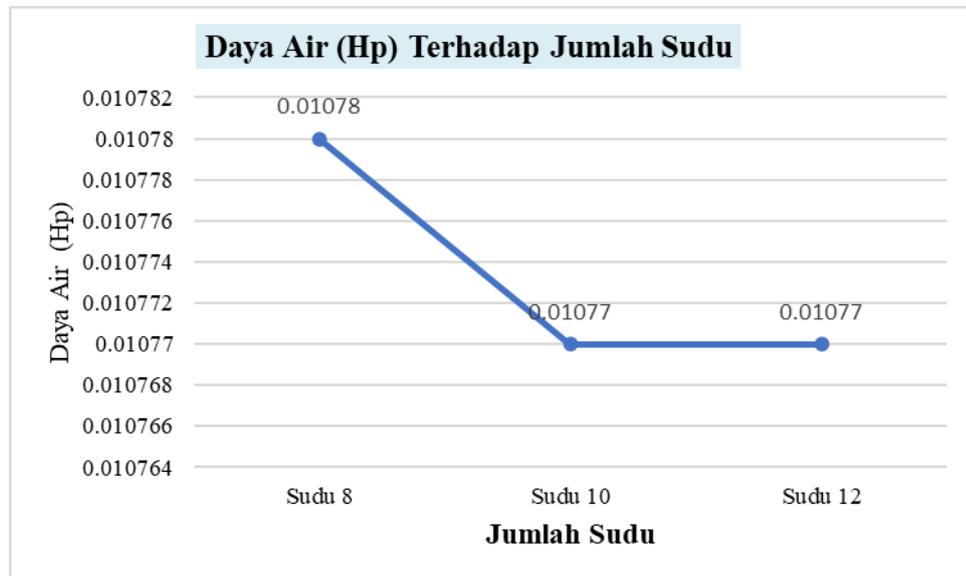
➤ Grafik Pengaruh Daya Turbin (Hp) Terhadap Jumlah Sudu



Dari grafik diatas dapat dikatakan pengaruh dari daya turbin dengan variasi jumlah sudu 8 memiliki nilai sebesar 0,00332 Hp, untuk sudu 10 memiliki nilai sebesar 0,00375 HP, dan untuk sudu 12 memiliki nilai yang paling besar sebesar 0,0038 Hp.

Bila melihat teori Benyamin Tangaran, 2019 semakin banyak jumlah sudu maka semakin besar juga daya turbin yang dihasilkan. Akan tetapi dalam pengujian ini ada beberapa faktor jumlah sudu 8 memiliki nilai yang rendah dikarenakan pembebanan, torsi dan kecepatan putar yang mempengaruhi hasil daya turbin.

➤ Grafik Pengaruh Daya Air (Hp) Terhadap Jumlah Sudu

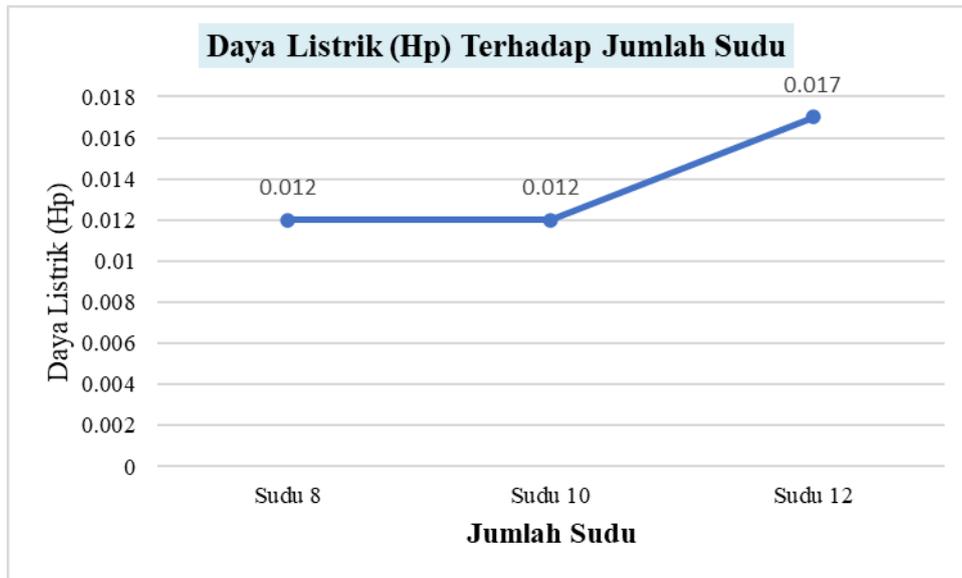


Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa variasi jumlah sudu dengan daya air (Hp) dapat diketahui turbin air dengan variasi jumlah sudu berbeda dapat mempengaruhi daya air yang dihasilkan. Seperti grafik di atas jumlah sudu 8 memiliki nilai paling besar 0,01078 Hp, sedangkan pada sudu 10 mengalami penurunan nilai sebesar 0,01077 Hp dan jumlah sudu 12 memiliki nilai yang sama dikarenakan dari data yang di peroleh dan selanjutnya dilakukan perhitungan dengan rumus memperoleh nilai daya turbin sebesar 0,01077 Hp.

Bila melihat teori Sri Widodo, 2018 semakin banyak jumlah sudu maka semakin besar nilai yang didapat. Karena jumlah sudu mempengaruhi kinerja turbin air. Dalam penelitian ini tidak sesuai dikarena beberapa faktor seperti waktu pengujian terganggu, pompa yang di gunakan tidak stabil mengalami panas sehingga keluarnya air mengecil.

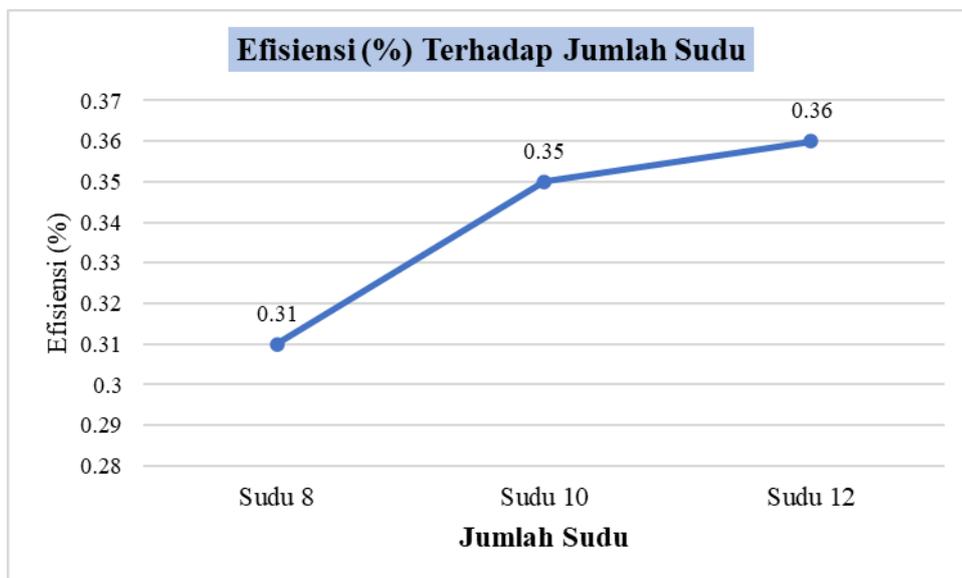
yang dihasilkan yaitu 0,994 kg/m³. Oleh karena itu pada sudu 6 mengalami penurunan yang sangat signifikan yang disebabkan oleh perbedaan temperature suhu air.

➤ Grafik Pengaruh Daya Listrik (Hp) Terhadap Jumlah Sudu



Dari grafik di atas bahwa variasi jumlah sudu dapat mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan, seperti jumlah sudu 8 memiliki nilai rendah sebesar 0,12 Hp, lalu pada jumlah sudu 10 mengalami nilai yang sama sebesar 0,012 Hp sedangkan jumlah sudu 12 mengalami kenaikan nilai sebesar 0,17 Hp.

➤ Grafik Pengaruh Efisiensi (%) Terhadap Jumlah Sudu



Dapat dilihat dari grafik diatas bahwa pengaruh variasi jumlah sudu dapat mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan, seperti pada jumlah sudu 8 menghasilkan nilai efisiensi 0,31 %, untuk jumlah sudu 10 mendapatkan efisiensi yang tinggi yaitu 0,35 %, sedangkan pada sudu 12 memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 0,36 %. Efisiensi dari sudu 8 memiliki nilai efisiensi yang paling rendah, karena data yang di peroleh dan perhitungan dengan rumus memperoleh nilai efisiensi sebesar 0,31%.

Dapat disimpulkan bahwa jumlah sudu dapat mempengaruhi efisiensi karena pengaruh dari nilai daya turbin (Pt) jika melihat dari teori peneliti terdahulu seperti Mafrudin 2014, jumlah sudu mempengaruhi nilai efisiensi yang dimana semakin banyaknya jumlah sudu maka semakin besar juga nilai efisiensi yang dihasilkan.

KESIMPULAN

1. Dari pengaruh variasi jumlah sudu turbin savonius didapatkan sebuah data hasil perhitungan daya pada sudu 8 sebesar 0,00332 (Hp), pada sudu 10 sebesar 0,00375 (Hp), dan pada sudu 12 sebesar 0,00388 (Hp), maka dapat disimpulkan semakin banyaknya jumlah sudu yang digunakan, semakin besar daya yang dihasilkan oleh turbin savonius. Dikarenakan semakin banyak jumlah sudu menyebabkan penyempitan dan turbin menyerupai lingkaran penuh sehingga daya air tidak maksimal dalam mendorong turbin, selain itu massa dari turbin mempengaruhi kerja dari turbin itu sendiri..
2. Dari hasil pengujian turbin savonius menggunakan variasi jumlah sudu yang paling optimal kinerjanya yaitu, sudu 12 dengan besar nilai Kecepatan Turbin sebesar 8,3 (Rad/s), Daya Turbin sebesar 0,00388 (Hp), Daya Listrik sebesar 0,017 (Hp), dan tingkat efisiensi sebesar 0,36 %.
3. Pada proses pendesainan turbin menggunakan bantuan software inventor guna membantu dan memperoleh ketepatan bentuk serta ukuran turbin yang diinginkan.
4. Dari penelitian variasi jumlah sudu turbin air savonius menggunakan 8, 10, dan 12 sudu. ditemukan nilai efisiensi yang paling tertinggi yaitu pada sudu 12 dengan besar nilai 0,36 % sedangkan pada efisiensi terendah pada jumlah sudu 8 yaitu sebesar 0,31 %.

SARAN

1. Pada penelitian harus memperhatikan aspek penting dalam menentukan karakteristik diameter turbin, tinggi turbin, kelungkungan sudu dan jumlah sudu agar mendapatkan nilai kecepatan turbin, daya turbin, daya listrik dan efisiensi yang optimal.
2. Pada saat pengujian harus memasang turbin dengan baik agar turbin seimbang dengan as penghubung dan mengecek komponen- komponen alat seperti sensor air / gelombang, sensor rpm, generator, pompa air, hidrolis pneumatic,

REFERENSI

- Agung Mardiansyah, L. I. (2014). Kajian potensi gelombang laut sebagai sumber energi alternatif pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) dengan sistem Oscillating water column di perairan bengkulu. *Oceanografi*, 328-337.
- Aminuddin, J. (2018). Persamaan energi untuk perhitungan dan pemetaan area yang berpotensi untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga gelombang laut. *Ilmiah teknologi maritim*, 9-16.
- Ari Prasetyo, D. D. (2017). Studi eksperimental pengaruh overlap sudu terhadap kinerja turbin air savonius. *SSNT-Politeknik Negeri Balikpapan*, 344-347.
- Daryanto. (2018). Simulasi Gelombang Laut Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL). *teknologi elektro, universitas mercu buana*, 50-57.
- Hartadi, R. (2018). Pengaruh gerak bebas sudu pada rotor savonius modifikasi untuk turbin air. *Jurnal teknik mesin uniska*, 70-73.
- Ludji dkk, J. K. (2014). analisis efisiensi sistem osilator kolom air sebagai pembangkit daya tenaga gelombang laut. *journal teknik mesin undana*, 2-19.
- Muarif, S. A. (2020). Rancang bangun prototype pembangkit listrik tenaga ombak. *Pembangkit listrik tenaga ombak*, 1-7.
- Muis, A. (2010). Turbin pada PLTA Larona. *Jurnal Ilmiah matematika dan terapan*.
- Parjiman, D. S. (2018). SIMULASI GELOMBANG LAUT UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT. *JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO*, 50-57.
- prasetyo, a. d. (2016). uji eksperimental pengaruh variasi banyak sekat pada sudu terhadap daya dan efisiensi turbin reaksi cossflow poros vertikal dengan sudu setengah silinder. *pengaruh variasi banyak sekat pada sudu turbin terhadap daya dan efisiensi*, 461- 468.
- Rendi. (2020). Turbin Air Arus Sungai Model Sudu Propeler Menggunakan Nozel/ Difuser. *journal engine : energi ,manufaktur,dan material*, 27-33.
- Rendi, F. H. (2022). Penambahan lingkaran pelindung turbin air rotor savonius. *Jurnal teknik mesin uniska*, 70-73.
- Suprpto, B. Y. (2022). Desain perkembangan sistem pembangkit listrik tenaga gelombang laut berbasis keseimbangan Gyroscope. *Surya Energi*, 50-54.
- Yani, a. (2017). rancang bangun alat praktikum turbin air dengan pengujian bentuk sudu terhadap torsi dan daya turbin yang dihasilkan. *journal teknik mesin univ.muhamadiyah metro*, 22-30.
- Yusiran, E. (2019). Komunikasi fisika indonesia . *studi eksperimen teknologi pembangkit listrik tenaga arus laut (PLTAL) menggunakan savonius back rotor*, 75-80.