

## PENGARUH CELAH SUDU DAN BERAT SUDU TERHADAP TORSI YANG DIHASILKAN PADA TURBIN SAVONIUS TYPE L

**Moch Adi Sucipto, M. Ihya' Ulumuddin, I Made Kastawan.**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: [mohmesin@untag-sby.ac.id](mailto:mohmesin@untag-sby.ac.id)

### ABSTRAK

Turbin Savonius merupakan turbin sumbu vertikal yang dapat beroperasi dengan baik pada kecepatan angin rendah. Turbin savonius cocok diterapkan pada daerah dataran rendah untuk dimanfaatkan sebagai pengubah energi angin menjadi energi listrik, dan pada penelitian ini jenis turbin angin Savonius yang digunakan adalah tipe L. Variabel yang digunakan adalah celah sudu (10 mm, 15 mm dan 20 mm) dan berat sudu (2.000 gr, 2.241 gr dan 2.873 gr) dengan menggunakan kecepatan angin 2.0 m/s tanpa pembebanan. Pada pengujian tanpa pembebanan diperoleh hasil terbaik pada berat 2.241 gr dan celah 20 mm dengan hasil putaran 82,38 Rpm, gaya 3,91 Nm dan mendapatkan torsi maksimum 0,00587 Nm. Sedangkan dengan pembebanan generator menggunakan kecepatan angin minimum 4.0 m/s didapatkan daya 2,4 Watt, Efisiensi system sebesar 19 % dan BHP sebesar 0,13 Watt.

**Kata kunci : Turbin angin savonius tipe L, Celah sudu, Berat sudu, Daya**

### ABSTRACT

The Savonius turbine is a vertical axis turbine that can operate well at low wind speeds. The savonius turbine is suitable to be applied in lowland areas to be used as an electric wind energy converter, and in the research the type of savonius wind turbine used is type L. The variables used are blade gap (10 mm, 15 mm and 20 mm) and blade weight ( 2,000 gr, 2,241 gr and 2,873 gr) with a wind speed of 2.0 m/s without loading. In the test without loading, the best results were obtained at a weight of 2,241 g and a gap of 20 mm with a rotation result of 82.38 Rpm, a force of 3.91 Nm and a maximum torque of 0.00587 Nm. Meanwhile, by loading the generator using a minimum wind speed of 4.0 m/s, the power obtained is 2.4 Watt, the system efficiency is 19% and the BHP is 0.13 Watt.

**Keywords: Type L Savonius Wind Turbine, Blade Gap, Blade Weight, Power**

### PENDAHULUAN

Angin adalah pergerakan udara yang disebabkan oleh rotasi bumi dan perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin merupakan udara yang bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah atau dari daerah bertemperatur rendah ke daerah bertemperatur tinggi. Angin sebagai energi terbarukan, dan tidak akan habis walaupun digunakan terus menerus, yang dapat diubah menjadi energi lain seperti energi listrik oleh kincir angin atau turbin angin. Alat yang paling cocok digunakan di Pulau Jawa khususnya Surabaya adalah kincir angin vertikal Savonius V, L dan U.

Turbin Savonius merupakan turbin angin bersumbu vertikal (Vertical Axis Wind Turbine), turbin ini dapat mudah berputar walau dengan kecepatan angin yang rendah, disertai *self-starting* yang baik dan torsi tinggi. Jika dibandingkan turbin sumbu horizontal, penggunaan turbin angin Savonius dapat menghasilkan daya yang lebih optimal karna dapat berputar dengan arah angin yang tidak konstan dan kecepatan angin rendah. Menurut penelitian Imam Fahrur Rozy dan Syukur Utomo (2020), Untuk mengetahui pengaruh bentuk sudu terhadap besarnya torsi dan putaran poros pada turbin angin savonius type V, L, dan U,

Digunakan beberapa parameter yaitu bentuk sudu ( V, L, dan U ) dan sudut sudu ( 70°, 90°, dan 110° ), dengan kecepatan angin sebesar 4,5 m/s. Dari hasil analisa variasi pada bentuk sudu dan sudut sudu turbin yang memiliki kinerja maksimal di dapat torsi sebesar 0,0065 Nm, daya turbin 0,0641 Watt dan koefisien daya 0,0165 % terdapat pada sudu L 110°. Sehingga dapat disimpulkan, Variasi bentuk sudu dan sudut sudu yang memperoleh kinerja terbaik pada turbin angin savonius merupakan bentuk sudu L dan sudut sudu 110°.

Berdasarkan penelitian (Mohammad Rizqi Saputra, Nur Kholis, Mohammad Munib Rosadi, 2020) dan (Darmawan, Kahfi dan St, 2015) mengenai jumlah sudu turbin, 4 sudu mendapatkan hasil yang lebih baik. Diketahui juga dengan menggunakan dua sudu diperoleh putaran rotor kurang stabil, sedangkan untuk tiga sudu, maka akan mempengaruhi efisiensi jumlah watt yang dihasilkan oleh turbin. Jadi pada penelitian ini memilih empat sudu, sedangkan tinggi sudu 700 cm sebagai hasil yang paling efisien menurut penelitan Moch. Romadhon (2018) Menyimpulkan abahwa efisiensi sistem terbaik dihasilkan pada Rasio blade 0,1 / 0,25 dan tinggi blade 0,7 m dengan efisiensi 69%.

(Abdul Gofur, Angga Catur Pamungkas, Aries Budiando, 2018) meneliti pengaruh perubahan Celah sudu pada masing-masing sudu turbin, dimana aliran angin pada sudu turbin yang satu dapat ditransfer ke sudu lainnya, sehingga memiliki daya dorong yang lebih besar untuk meningkatkan kecepatan putaran poros turbin. Semakin kecil jarak sudu maka semakin baik, karena aliran angin di daerah sudu turbin mengalami aliran laminar. Dari hasil pengujian putaran dan gaya pada poros turbin maksimum sebesar 96,7 Rpm dan 1,4 N dan Dari hasil analisis torsi maksimum 0,42 Nm, daya maksimum 4,24 W dan efisiensi maksimum sebesar 86%. Pada penelitian ini menganalisis pengaruh Celah sudu dan berat sudu untuk meningkatkan kinerja turbin angin savonius type L menggunakan kecepatan angin terendah 1,5 m/s. Untuk memindahkan aliran angin dari sudu satu ke sudu lainnya maka diperlukan celah sudu, sehingga gaya dorong yang dimiliki lebih besar untuk memperoleh putaran poros yang maksimal. Berat sudu juga dapat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan karena setiap pembebanan yang bertambah akan mengurangi daya yang dihasilkan.

### PROSEDUR EKSPERIMEN

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen. Metode yang digunakan adalah dilakukannya uji terhadap variasi celah sudu dan berat sudu sebagai parameter untuk mengetahui besaran yang dihasilkan dari torsi dan putaran.

#### *Variabel*

Dalam penelitian ini digunakan beberapa variasi yaitu celah sudu (10 mm, 15 mm dan 20 mm) dan berat sudu (2.000 gr, 2.241 gr dan 2.873 gr) dengan kecepatan angin 2.0 m/s tanpa pembebanan dan 4.0 m/s dengan pembebanan generator menggunakan kipas angin digunakan penambahan dimmer untuk mengatur kecepatan putaran kipas angin.

#### *Proses Pembuatan Turbin Angin Pembuatan*

Proses pembuatan sudu dilakukan dengan cara memotong akrilik dengan ukuran 200 mm x 700 mm dengan menggunakan laser. Kemudian untuk membentuk sudut 110° terhadap akrilik dibutuhkan meja dan hair dryer sebagai pemanas akrilik untuk membuat sudutnya.

Pembuatan Endplate sudu terbuat dari akrilik dengan tebal 3 mm untuk diameter endplate sudu yaitu 400 mm. Kemudian membuat bentuk lingkaran dibenda kerja akrilik endplate menggunakan laser. Setelah bentuk selesai sesuai ukuran, kemudian membuat lubang di tengah-tengah endplate untuk klem mempersatukan enplate terhadap sudu dan poros dengan jarak yang ditentukan. Poros terbuat dari bahan besi yang kemudian diberi bentuk dengan diameter 10 mm, setelah itu di sock pada lingkaran tengah enplate untuk menyatukan poros dan enplate di baut .

Pembuatan rangka turbin angin menggunakan besi galvalum diukur sesuai ukuran lalu dipotong menggunakan gerinda.

#### *Proses perakitan*

Proses pertama yaitu penggabungan antara sudu dengan endpalte menggunakan klem sebagai pengunci yang kemudian di mur baut ditempat pada lubang yang dibuat di endplate dan sudu. Pada endplate sudu bagian atas dan bawah dipasang poros yang telah diberi lubang yang kemudian dimur baut M8 sebagai penguncinya poros.

Proses ke dua yaitu pembuatan rangka dengan cara menyabung antar potongan rangka yang sudah dipotong sebelumnya dengan menggunakan las listrik

Proses ke tiga yaitu pemasangan generator dan perakitan rangkaian kelistrikan dari generator menuju ke lampu

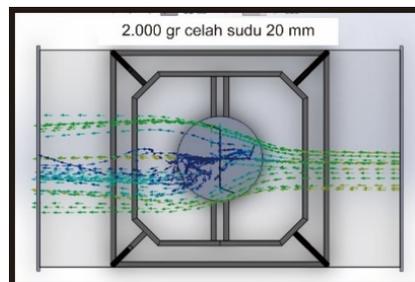
#### *Pengujian dan Pengambilan data*

Langkah – Langkah pengujian dilakukan di Labratorium (Bengkel pemesinan) Untag Surabaya yang meliputi perencanaan penelitian, perancangan penelitian, pembuatan, pengujian / pengambilan data dan pengolahan data. Dalam melakukan pengujian / pengambilan data dilakukan 2 kali yaitu pengujian tanpa pembebanan kecepatan angin 2.0 m/s ditentukan menggunakan anemometer, mencari putaran poros digunakan tachometer dan pengujian gaya gesek menggunakan neraca pegas. Untuk pengujian yang ke-2 dengan menggunakan pembebanan generator angin minimum yang dibutuhkan untuk memutar sudu 4.0 m/s pengujian mencari hasil voltase dan ampere yang dihasilkan generator menggunakan avo meter

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### *Hasil Pengujian dan Pembahasan*

#### *Pengujian Celah Sudu*



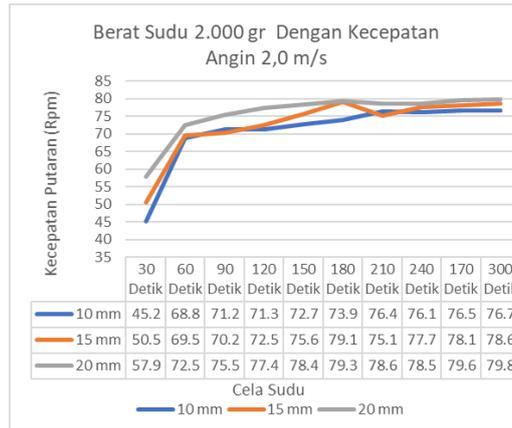
Gambar 1 Pengujian Berat Sudu 2.000 gr dengan Celah sudu 20 mm menggunakan software solidworks 2020

Untuk berat sudu 2.000 gr, ditunjukkan berdasarkan hasil uji software pada gambar 1 bahwa aliran fluida angin menunjukkan adanya turbulence pada Celah sudu 10 mm dan 15 mm, angin mengalir stabil dengan baik terjadi pada Celah sudu 20 mm Gambar 2 Hubungan kecepatan terhadap Celah sudu dengan berat sudu 2.000 gr dan kecepatan angin 2,0 m/s.

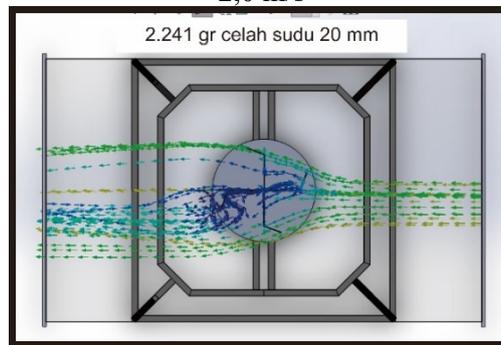
Dari hasil pengujian lab yang diperoleh pada gambar 2, variasi Celah sudu 20 mm dengan berat sudu 2.000 gr dan kecepatan angin 2,0 m/s yang mempunyai kinerja maksimum, putaran mulai stabil pada detik 180 sampai seterusnya. Dari data yang di peroleh yaitu detik ke 180-300, menemukan rata-rata 79,16 Rpm pada Celah sudu 20 mm. Sedangkan pada Celah sudu 10 mm dan 15 mm terdapat turbulence di bagian belakang sudu yang mengakibatkan penghambatan putaran turbin.

Untuk berat sudu 2.241 gr, ditunjukkan berdasarkan hasil uji software pada gambar 3 bahwa aliran fluida angin menunjukkan adanya turbulence pada Celah sudu 10 mm dan 15 mm, angin mengalir stabil dengan baik terjadi pada Celah sudu 20 mm.

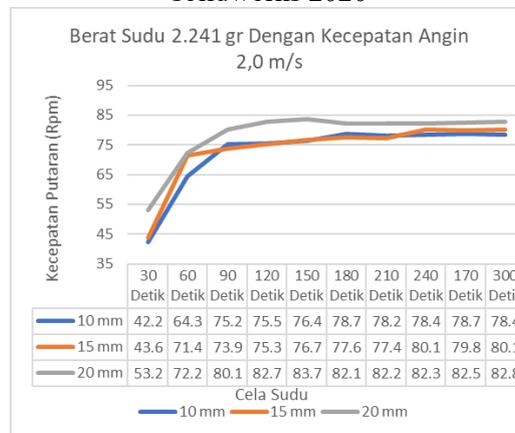
# PENGARUH CELAH SUDU DAN BERAT SUDU TERHADAP TOR.....



Gambar 2 Hubungan kecepatan terhadap Celah sudu dengan berat sudu 2.000 gr dan kecepatan angin 2,0 m/s



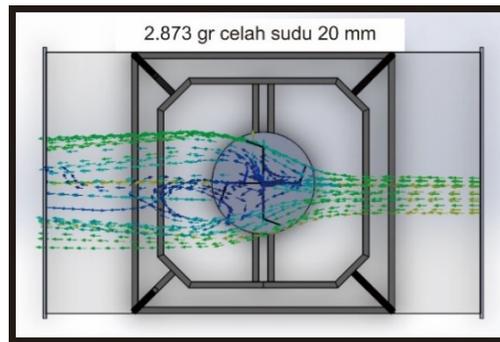
Gambar 3 Pengujian Berat Sudu 2.241 gr dengan Celah sudu 20 mm menggunakan software solidworks 2020



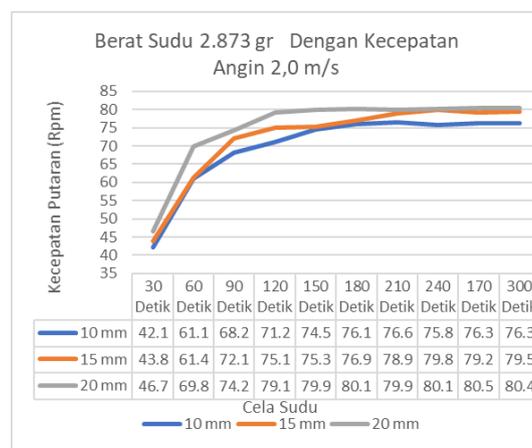
Gambar 4 Hubungan kecepatan turbin terhadap Celah sudu dengan berat sudu 2.241 gr dan kecepatan angin 2,0 m/s

Dari hasil pengujian lab yang diperoleh pada gambar 4, variasi Celah sudu 20 mm dengan berat sudu 2.241 gr dan kecepatan angin 2,0 m/s yang mempunyai kinerja maksimum, putaran mulai stabil pada detik 180 sampai seterusnya. Dari data yang di peroleh yaitu detik ke180-300, menemukan rata-rata 82,38 Rpm pada Celah sudu 20 mm. Sedangkan pada Celah sudu 10 mm dan 15 mm terdapat turbulence di bagian belakang sudu yang mengakibatkan penghambatan putaran turbin.

Untuk berat sudu 2.873 gr, ditunjukkan berdasarkan hasil uji software pada gambar 5 bahwa aliran fluida angin menunjukkan adanya turbulence pada Celah sudu 10 mm dan 15 mm, angin mengalir stabil dengan baik terjadi pada Celah sudu 20 mm.



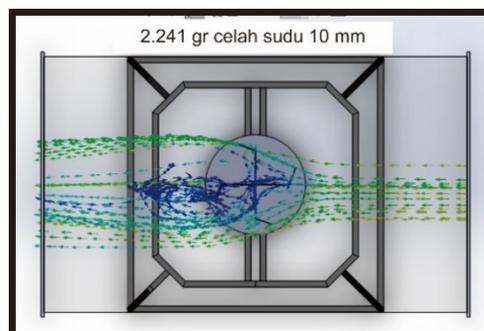
Gambar 5 Pengujian Berat Sudu 2.873 gr dengan Celah sudu 20 mm menggunakan software solidworks 2020



Gambar 6 Hubungan kecepatan turbin terhadap Celah sudu dengan berat sudu 2.873 gr dan kecepatan angin 2,0 m/s

Dari hasil pengujian lab yang diperoleh pada gambar 6, variasi Celah sudu 20 mm dengan berat sudu 2.873 gr dan kecepatan angin 2,0 m/s yang mempunyai kinerja maksimum, putaran mulai stabil pada detik 180 sampai seterusnya. Dari data yang di peroleh yaitu detik ke180-300, menemukan rata-rata 80,20 Rpm pada Celah sudu 20 mm. Sedangkan pada Celah sudu 10 mm dan 15 mm terdapat turbulence di bagian belakang sudu yang mengakibatkan penghambatan putaran turbin.

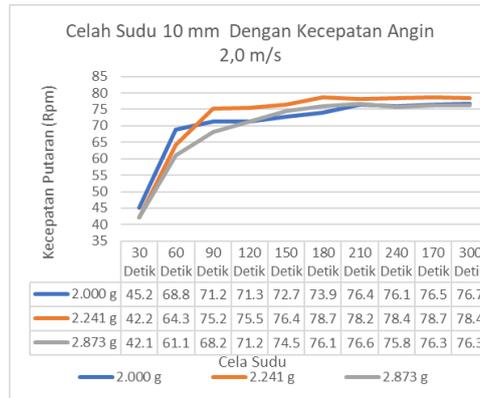
Pengujian Berat Sudu



Gambar 7 Pengujian Celah sudu 10 mm dengan Berat Sudu 2.241 gr menggunakan software solidworks 2020

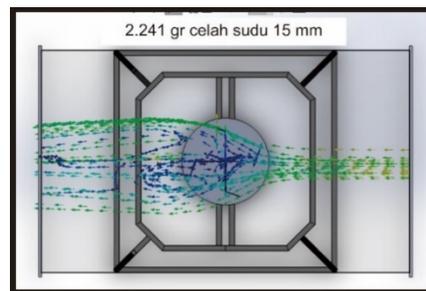
## PENGARUH CELAH SUDU DAN BERAT SUDU TERHADAP TOR.....

Untuk Celah sudu 10 mm, ditunjukkan berdasarkan hasil uji software pada gambar 7 bahwa aliran fluida angin menunjukkan adanya turbulence pada ketiga variasi berat sudu, tetapi pada berat sudu 2.241 gr yang paling kecil turbulencenya.



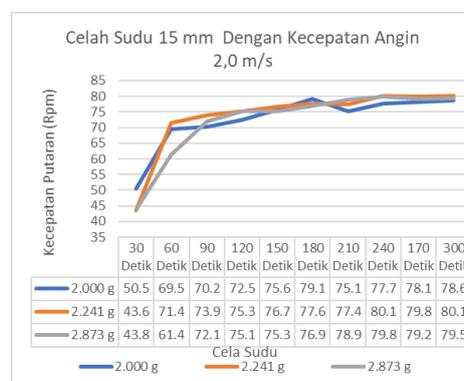
Gambar 8 Hubungan kecepatan turbin terhadap berat sudu dengan Celah sudu 10 mm dan kecepatan angin 2 m/s

Dari hasil analisa yang diperoleh pada gambar 8, variasi berat sudu 2.241 gr dengan Celah sudu 10 mm dan kecepatan angin 2,0 m/s yang mempunyai kinerja maksimum, putaran mulai stabil pada detik 180 sampai seterusnya. Dari data yang di peroleh yaitu detik ke180-300, menemukan rata-rata 78,48 Rpm pada Celah sudu 20 mm. berat sudu berpengaruh pada start dan sesetabilan putaran, terlihat semakin ringan start akan mudah berputar namun kesetabilan berputar dan tingkat kecepatan kurang baik.



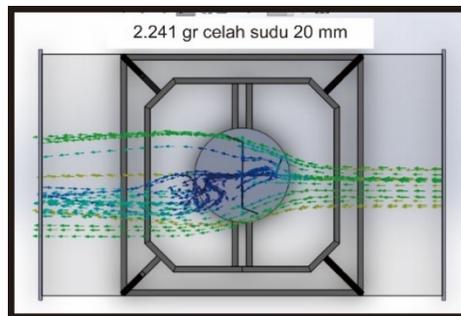
Gambar 9 Pengujian Celah sudu 15 mm dengan Berat Sudu 2.241 gr menggunakan software solidworks 2020

Untuk Celah sudu 15 mm, ditunjukkan berdasarkan hasil uji software pada gambar 9 bahwa aliran fluida angin menunjukkan adanya turbulence pada ketiga variasi berat sudu, tetapi pada berat sudu 2.241 gr yang paling kecil turbulencenya.



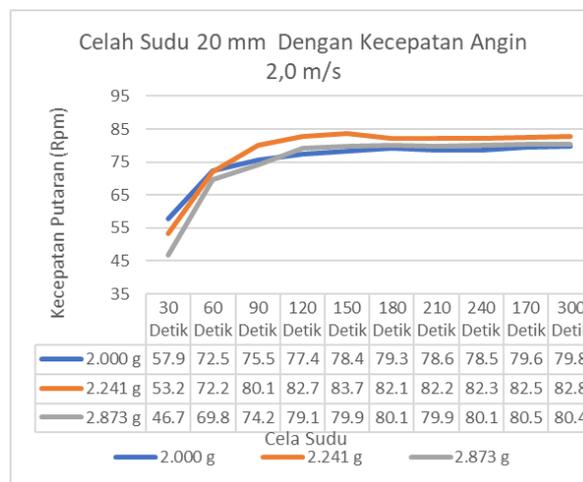
Gambar 10 Hubungan kecepatan turbin terhadap berat sudu dengan Celah sudu 15 mm dan kecepatan angin 2 m/s

Dari hasil analisa yang diperoleh pada gambar 10, variasi berat sudu 2.241 gr dengan Celah sudu 15 mm dan kecepatan angin 2,0 m/s yang mempunyai kinerja maksimum, putaran mulai stabil pada detik 180 sampai seterusnya. Dari data yang di peroleh yaitu detik ke180-300, menemukan rata-rata 78,80 Rpm pada Celah sudu 20 mm. berat sudu berpengaruh pada start dan sesetabilan putaran, terlihat semakin ringan start akan mudah berputar namun kesetabilan berputar dan tingkat kecepatan kurang baik.



Gambar 11 Pengujian Celah sudu 20 mm dengan Berat Sudu 2.241 gr menggunakan software solidworks 2020

Untuk Celah sudu 20 mm, ditunjukkan berdasarkan hasil uji software pada gambar 11 bahwa aliran fluida angin menunjukkan tidak adanya turbulence pada ketiga variasi berat sudu, tetapi pada berat sudu 2.241 gr yang mempunyai kinerja maksimum.

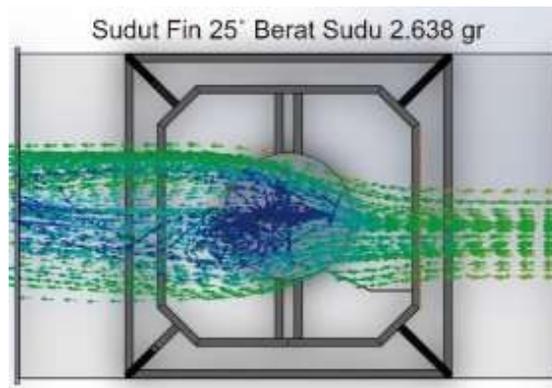


Gambar 12 Hubungan kecepatan turbin terhadap berat sudu dengan Celah sudu 20 mm dan kecepatan angin 2 m/s

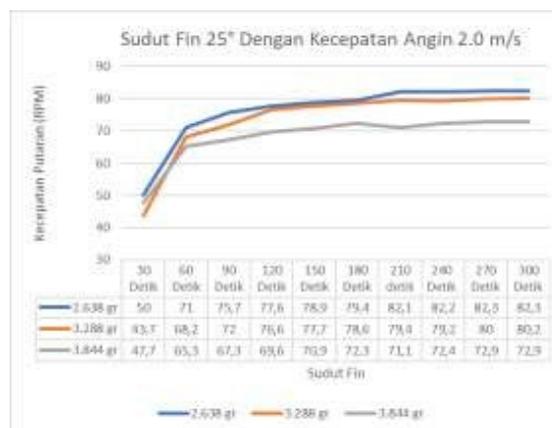
Dari hasil analisa yang diperoleh pada gambar 12, variasi berat sudu 2.241 gr dengan Celah sudu 15 mm dan kecepatan angin 2,0 m/s yang mempunyai kinerja maksimum, putaran mulai stabil pada detik 180 sampai seterusnya. Dari data yang di peroleh yaitu detik ke180-300, menemukan rata-rata 82,83 Rpm pada Celah sudu 20 mm. berat sudu berpengaruh pada start dan sesetabilan putaran, terlihat semakin ringan start akan mudah berputar namun kesetabilan berputar dan tingkat kecepatan kurang baik.

Hasil Pengujian Sudut Fin.

Pada pengujian sudut fin 25° dengan menggunakan software hasil terbaik pada gambar 13 dengan berat sudu 2.638 gr karena memiliki self start dan hasil tingkat kesetabilan yang tinggi dibandingkan dengan berat sudu 3.288 gr dan 3.844 gr.

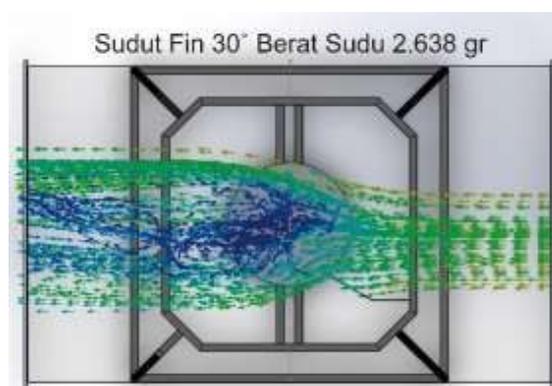


Gambar 13 Hasil Pengujian Sudut Fin 25° Dengan Berat Sudu 2.638 gr menggunakan Software solidworks 2020



Gambar 14 Hubungan Kecepatan Turbin Terhadap Berat Sudu Dengan Sudut Fin 25° dan kecepatan angin 2.0 m/s.

Pada hasil pengujian lab menggunakan kecepatan angin 2.0 m/s dengan sudut fin 25° dan berat 2.684 gr mempunyai kinerja yang terbaik pada Gambar 14 putaran turbin mulai stabil dimulai pada detik 180 dan seterusnya. Dari data yang diperoleh yaitu pada detik 180-300 detik, menemukan rata-rata sebesar 81,66 rpm. Sedangkan pada sudut 25° dan 35° tidak memiliki putaran yang maksimal karena banyaknya angin yang terbuang sehingga mengakibatkan putaran turbin menurun.



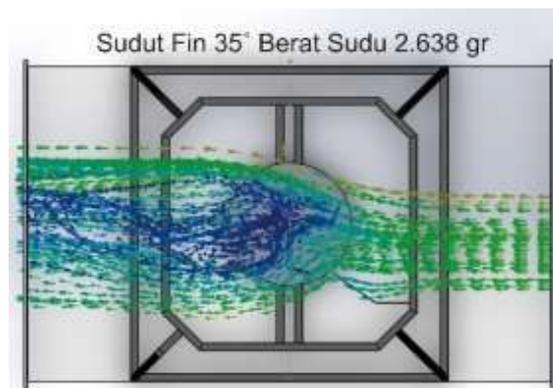
Gambar 15 Hasil Pengujian Sudut Fin 30° Dengan Berat Sudu 2.638 gr Menggunakan Software solidworks 2020.

Pada pengujian dengan sudut fin 30° dengan menggunakan software hasil terbaik pada gambar 15 dengan berat sudu 2.638 gr karena memiliki self start dan hasil tingkat kesetabilan yang tinggi dibandingkan dengan berat sudu 3.288 gr dan 3.844 gr.



Gambar 16. Hubungan kecepatan turbin terhadap berat 2.638 gr dengan Sudut fin30° dengan kecepatan angin 2.0 m/s.

Pada hasil pengujian lab menggunakan kecepatan angin 2.0 m/s dengan sudut fin 30° dan berat 2.638 gr mempunyai kinerja yang terbaik pada Gambar 16 Putaran turbin mulai stabil dimulai pada detik 180 dan seterusnya. Dari data yang diperoleh yaitu pada detik 180-300 detik, menemukan rata-rata sebesar 90,5 rpm. Sedangkan pada sudut 25° dan 35° tidak memiliki putaran yang maksimal karena banyaknya angin yang terbuang sehingga mengakibatkan putaran turbin menurun.



Gambar 17 Hasil Pengujian Sudut Fin 35° Dengan Berat Sudu 2.638 gr Menggunakan Software solidworks 2020.

Pada pengujian dengan sudut fin 35° dengan menggunakan software hasil terbaik pada Gambar 17 dengan berat sudu 2.638 gr karena memiliki self start dan hasil tingkat kesetabilan yang tinggi dibandingkan dengan berat sudu 3.288 gr dan 3.844 gr.



## PENGARUH CELAH SUDU DAN BERAT SUDU TERHADAP TOR.....

Gambar 18 Hubungan Kecepatan Turbin Terhadap Berat Sudu Dengan Sudut Fin 35° dan kecepatan angin 2.0 m/s.

Pada hasil pengujian lab menggunakan kecepatan angin 2.0 m/s dengan sudut fin 35° dan berat 2.638 gr mempunyai kinerja yang terbaik pada gambar 18 putaran turbin mulai stabil dimulai pada detik 180 dan seterusnya. Dari data yang diperoleh yaitu pada detik 180-300 detik, menemukan rata-rata sebesar 80,92 rpm. Sedangkan pada sudut yang lain banyaknya angin yang terbuang sehingga mengakibatkan putaran turbin menurun.



Gambar 19 Hasil pengujian torsi turbin angin dengan kecepatan 2.0 m/s

Dari hasil pengujian lab pada gambar 19 bawa hasil terbaik dalam uji torsi menggunakan neraca meter terdapat pada berat sudu 2.241 gr dengan Celah sudu 20 mm

Gaya Gesek :

Perhitungan gaya gesek didapatkan dari :

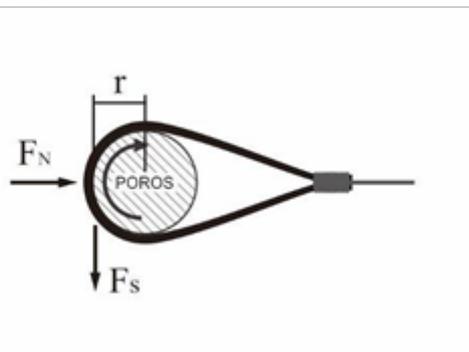
$$F_s = \mu_s \cdot F_N$$

Dimana :

$F_s$  = Gaya Gesek ( N )

$\mu_s$  = koefisien gesek ( N )

$F_N$  = Gaya Normal ( N )



Gambar 20 Bidang Gesek Pada Poros

Nilai koefisien gesek diketahui adalah ( $\mu_s$ ) 0,3 berdasarkan table dari Flat Belt Drives Elemen Mesin II dimana belt material yang digunakan rubber.



Gambar 21 Hasil Perhitungan Gaya Gesek

Dari hasil pengujian Gaya / Torsi pada gambar 21 bahwa hasil perhitungan terbaik gaya gesek terdapat pada berat sudu 2.241 gr dengan Celah sudu 20 mm

Gaya Torsi :

Perhitungan gaya torsi didapatkan dari :

$$T = F_T \cdot r$$

Yang dalam hal ini :

T = Torsi ( Nm )

F<sub>T</sub> = Gaya Tangensial (N)

r = jari jari poros ( m )

Nilai Gaya Tangensial didapat dari Gaya Gesek (N)

Nilai jari-jari poros diketahui ( r ) 0,005 m



Gambar 22 Hasil Perhitungan Torsi

Berdasarkan gambar 22, hasil perhitungan torsi terbaik terdapat pada berat sudu 2.241 gr dengan Celah sudu 20 mm

Perhitungn Daya Angin :

$$P_a = P_a = \frac{1}{2} ( P \cdot A \cdot V ) V^2$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot P \cdot A \cdot V^3$$

Dimana :

P<sub>a</sub> = Daya Angin (Watt)

## PENGARUH CELAH SUDU DAN BERAT SUDU TERHADAP TOR.....

$P$  = Masa Jenis Udara ( $Kg/m^3$ )  
 $A$  = Luas Penampang Sapuan ( $m^2$ )  
 $V$  = Kecepatan Angin ( $m/s$ )

Penyelesaian

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot P \cdot A \cdot V^3$$
$$= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 32,77 \cdot 4^3$$
$$= 12,58 \text{ Watt}$$

Perhitungan Daya Generator:

$$P_g = V \cdot I$$

Perhitungn BHP (Brake Horse Power) :

$$BHP = \frac{P_g}{\eta_g}$$

Dimana:

$P_g$  = Daya Generator (Watt)  
 $V$  = Tegangan Listrik (*Volt*)  
 $I$  = Kuat Arus Listrik (Ampere)

Penyelesaian :

$$V = 2,4 \text{ Volt}$$

$$I = 1 \text{ Ampere}$$

$$P_g = 2,4 \cdot 1$$

$$P_g = 2,4 \text{ Watt}$$

Yang dalam hal ini :

$BHP$  = Brake Horse Power (Watt)

$P_g$  = Daya Generator (Watt)

$\eta_g$  = Efisiensi System (%)

$$BHP = \frac{2,4}{19}$$

$$BHP = 0,13 \text{ Watt}$$

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### *Kesimpulan*

Dari hasil analisa data dan pembahasan sebelumnya dapat di simpulkan sebagai berikut :

- A. kecepatan angin minimal tanpa beban adalah 2,0 m/s :
  - 1) Variasi berat sudu yang mempunyai hasil terbaik pada berat 2.241 gr (Ketebalan 2mm).
  - 2) Variasi celah sudu yang mempunyai hasil terbaik pada celah 20 mm.
  - 3) Variasi Sudut Sudu yang mempunyai hasil terbaik pada kemiringan sudut fin 30°.
  - 4) Pengujian putaran dan gaya pada poros kincir angin maksimum 82,38 Rpm dan 3,91 Nm.
  - 5) Torsi kincir angin maksimum 0,00587 Nm,
- B. kecepatan angin minimal dengan beban generator adalah 4,0 m/s :
  - 1) Daya angin yang didapat sebesar 12,58 Watt
  - 2) Daya generator yang didapat sebesar 2,4 Watt
  - 3) Efisiensi system yang didapat sebesar 19 %
  - 4) BHP yang didapat sebesar 0,13 Watt
- C. Celah Sudu yang semakin kecil menimbulkan dampak turbulensi dibagian belakang sudu.

#### *Saran*

Setelah melakukan penelitian dan percobaan alat turbin savonius diatas terdapat beberapa kekurangan, untuk penelitian selanjutnya saya memberikan saran sebagai berikut :

- 1) Perbandingan antara pulley as sudu dan pulley as generator agar hasil putaran lebih maksimal
- 2) Penambahan Step Up untuk meningkatkan daya listrik.
- 3) Penambahan stabilizer agar daya yang keluar tidak melebihi daya yang ditentukan.
- 4) Memperbesar ukuran sudu karena pada hasil penelitian didapatkan semakin besar luas sapuan semakin baik.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Penulisan karya tulis ilmiah ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, cukup sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Oleh sebab itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

- 1) Dr. I Made Kastiawan, ST., MT. sebagai dosen pembimbing.
- 2) Bapak Edi Santoso, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 (Untag) Surabaya
- 3) Aris Adi Pratama dan Syafi'udin Sebagai rekan team pembuatan Turbin Angin Savonius Type L.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Gofur, Angga Catur Pamungkas, Aries Budianto (2018). *Pengaruh celah fin, sudut kemiringan fin dan celah sudu terhadap kinerja turbin angin savonius type v*. 2(1), hal. 1–6. Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Bayu Dwiyan Nugraha (2018). *Analisa pengaruh kecepatan angin dan lebar sudu terhadap efisiensi turbin angin savonius u*. 2(1), hal. 1–6. Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Simarmata, Daniel Fernando (2017). *Studi eksperimen pengaruh silinder sirkular sebagai pengganggu aliran di depan sisi returning blade terhadap performa turbin angin tipe savonius*. 6, hal. 5–9. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Darmawan, H., Kahfi, I. dan St, B. (2015). *Perancangan turbin angin tipe savonius l sumbu vertikal*. hal. 1–13. Tanjung Pinang: Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Faqihuddin, M. F. et al. (2014). *Karakteristik model turbin angin untwisted blade dengan menggunakan tipe airfoil nrel s833 pada kecepatan angin rendah* Keywords : Abstract : *Mekanika*. 12(2), hal. 84–88. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Imam Fahrur Rozy, S. U. (2020). *Analisa pengaruh bentuk sudu dan sudut sudu terhadap kinerja kincir angin savonius*. 3(2), hal. 1–9. Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Irsyad, M. (2012). *Penggunaan bentuk sudu setengah silinder eliptik untuk meningkatkan efisiensi turbin savonius*. 10, hal. 105–110. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

- Marizka Lustia Dewi (2010). *Analisis kinerja turbin angin poros vertikal dengan modifikasi rotor savonius l untuk optimasi kinerja turbin*. hal. 1–49. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Mohammad Rizqi Saputra, Nur Kholis, M. M. R. (2020). *Pengaruh diameter dan jumlah sudu turbin angin savonius tipe l terhadap unjuk kerja yang dihasilkan*. 1(2), hal. 61–67. Lampung: Universitas Muhammadiyah Metro.
- Nuris Tri Hardhyanto (2016). *Studi numerik pengaruh sudut blade terhadap karakteristik aliran fluida turbin savonius sumbu vertikal tipe-l*. hal. 1–82. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.