

## ANALISIS DAN SIMULASI KINERJA (DAYA DAN EFISIENSI) PADA SUDU TURBIN ANGIN SAVONIUS VERTIKAL TIPE U DENGAN SOFTWARE

Akhmad Sidiq<sup>1)</sup>, Tulus Subagyo<sup>2)</sup>

- 1) Mahasiswa, Universitas Yudharta, Pasuruan, Indonesia
- 2) College, Yudharta University, Pasuruan, Indonesia

Corresponding email<sup>1)</sup>:  
[akhmadsidiq18@gmail.com](mailto:akhmadsidiq18@gmail.com),  
[tulus@yudharta.ac.id](mailto:tulus@yudharta.ac.id)

Received: 28-08-2023  
Accepted: 31-08-2023  
Published: 28-12-2023

©2023 Politala Press.  
All Rights Reserved.

**Abstrak.** Peningkatan kebutuhan energi dan kepedulian terhadap lingkungan telah mendorong eksplorasi sumber energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja dan desain turbin angin Savonius sebagai alternatif dalam pembangkitan energi listrik. Metode pengukuran kecepatan aliran angin pada sudu turbin menggunakan anemometer, serta dampaknya terhadap potensi pembangkitan energi. Pada aspek desain, penelitian ini menganalisis rangka turbin angin Savonius tipe U dalam hal dimensi, geometri, distribusi tegangan, dan ketahanan material. Simulasi struktural dan perhitungan faktor keamanan dilakukan untuk memastikan rangka turbin mampu menahan beban angin yang diantisipasi tanpa kegagalan. Dalam penelitian ini menghitung daya yang diekstrak dari angin melalui turbin. Dari penelitian ini menghasilkan energi kinetik 26,6 joule dan daya output sebesar 9,60 watt dengan tingkat efisien 5,28%.

**Kata kunci:** Energi baru terbarukan, Turbin angin Savonius tipe U, Rangka pada Turbin

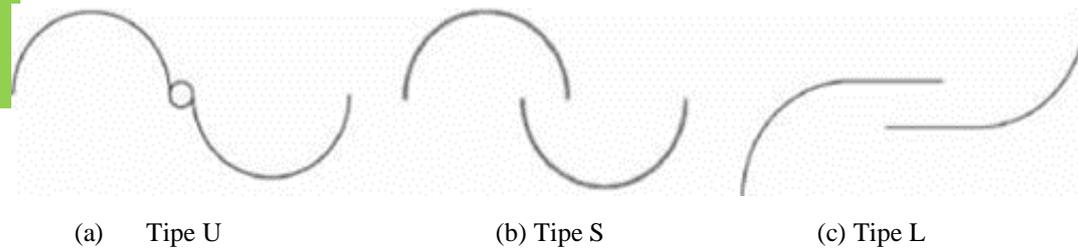
**Abstract.** Increased energy needs and environmental concerns have encouraged exploration of renewable energy sources. The research was to analyze savonius' performance and design of wind turbines as an alternative to electricity generation. Wind velocity measurement in turbines is used in anemometers, as well as in their effects on energy generation potential. In design, the study analyzes the level u wind turbine framework of dimension, geometry, voltage distribution, and material resistance. A structural and safety factor calculation is done to ensure that the turbine frame can support an anticipated load without failure. In this study computes the power extracted from the wind through the turbine. From this study produce 26.6 joules of kinetic energy and a 9.60 watt output output at an efficient rate of 5.28%.

**Keywords:** new renewable energy, savonius type u wind turbine, skeletal in turbines.

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v10i2.264>

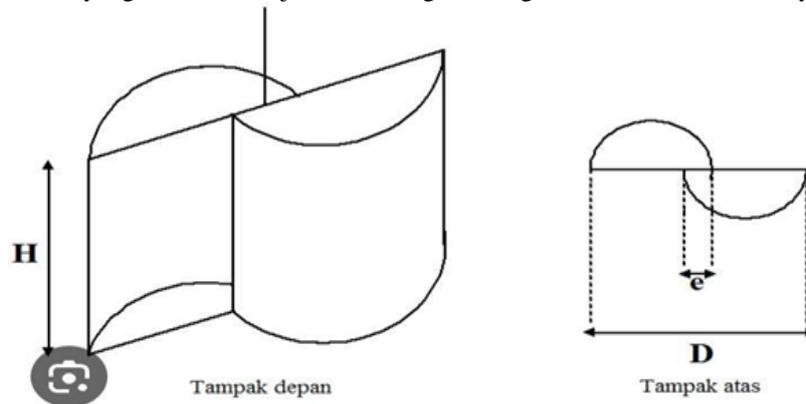
### 1. Pendahuluan

Potensi energi angin di Indonesia berada dalam kisaran kecepatan angin rata-rata 3-6 m/s. Oleh karena itu, diperlukan sistem konversi energi angin yang cocok dengan karakteristik angin di Indonesia[2]. Energi dari angin dimanfaatkan melalui penggunaan kincir angin, yang saat ini banyak digunakan untuk menghasilkan listrik. Awalnya, turbin angin diciptakan untuk kebutuhan petani dalam menggiling padi dan irigasi. Namun, tujuan utama turbin angin kini bergeser untuk menyediakan daya listrik, menggunakan prinsip konversi energi dan sumber daya alam yang dapat diperbarui, yakni angin[1]. Setelah merancang turbin angin Savonius dengan empat sudu, langkah berikutnya adalah melakukan analisis kinerja turbin tersebut. Berikut adalah beberapa contoh tipe turbin angin Savonius yang dapat dilihat dari perspektif atas.



**Gambar 1.** Tipe Turbin Savonius

Savonius tipe U memiliki kekuatan yang tinggi karena fokusnya terletak di tengah atau pusat batang, tetapi memiliki efisiensi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan varian Savonius lainnya.



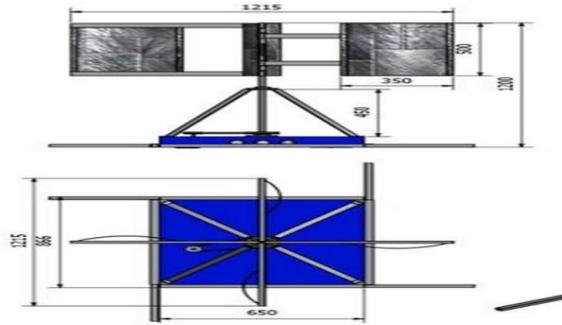
**Gambar 2.** Model Turbin Angin Savonius Tipe U

Ketika membuat sudu untuk turbin angin, penting untuk menciptakan sudu yang memiliki kekakuan (rigid). Ini diperlukan karena semua teori dan perhitungan mengenai swirl machine pada umumnya, serta sudu turbin angin khususnya, didasarkan pada asumsi bahwa arah aliran angin tegak lurus terhadap penampang lokal sudu. Jika sudu mengalami defleksi saat berputar, akan timbul efek-efek seperti pengurangan kecepatan angin di setiap penampang lokal sudu secara normal, pengurangan diameter efektif sudu dari ukuran semula, perubahan arah gaya-gaya aerodinamis, dan perubahan distribusi sudut penerpaan sepanjang sudu. Penggunaan turbin angin diinginkan pada lokasi dengan kecepatan angin yang stabil, arah angin yang tetap, dan kemungkinan kecepatan angin yang sangat tinggi minim. Kuantitas angin yang ada menjadi faktor fundamental yang memengaruhi efisiensi turbin angin. Menyadari seberapa kencang angin bertiup di suatu tempat merupakan unsur krusial dalam menetapkan posisi pemasangan turbin angin supaya kinerjanya bisa mencapai puncaknya[8].

## 2. Metodologi Desain Turbin

Dalam proses perancangan sistem penghasil listrik bertenaga angin ini, digunakan jenis turbin angin Savonius yang terhubung dengan generator aliran listrik searah (DC)[11]. Gerakan turbin angin yang dipicu oleh angin mengakibatkan rotasi poros, yang pada gilirannya menggerakkan generator. Aksi ini dirubah menjadi tenaga listrik oleh generator, hingga dalam tahap ini bisa dihitung voltase dan amper listrik yang dihasilkan oleh alat pembangkit tersebut. Mekanisme kerja Turbin Angin yaitu Saat baling-baling turbin terhembus angin dan menghasilkan putaran, kemudian putaran baling-baling di sambungkan ke poros generator melalui sabuk (belt), saat poros generator berputar terjadi perubahan energi dari energi kinetik menjadi energi listrik.

Interaksi antara gaya daya angin dan desain turbin Savonius vertikal tipe U memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja dan bentuk turbin. Faktor-faktor seperti bentuk baling-baling, sudut bukaan, dimensi relatif, serta profil baling-baling, semuanya berperan dalam menentukan bagaimana gaya daya angin diterjemahkan menjadi putaran turbin dan akhirnya efisiensi energi yang dihasilkan[3].



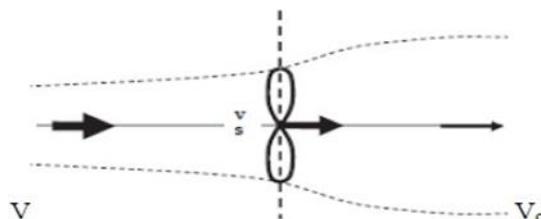
**Gambar 3.** Desain Gambar Turbin Angin Savonius Tipe U

**Tabel 1.** Alat dan Bahan

No	Alat	Bahan
1	Gerinda tangan	Plat besi tebal 1 mm
2	Las Listrik	Plat stainless steel 304 tebal 3mm
3	Bor tangan	Pasak
4	Bor duduk	Besi hollow 20x40x0.75
5	Batu gerinda	As/poros diameter 20 mm
6	Mata bor	Generator
7	Kunci "L"	Inventer
8	Jangka Sorong	Power outlet
9	Meteran	Accu 2x7.6 Ah
10	Penggores	Kabel NYA 1x1.5 mm
11	Kikir	Plat stainless stell 50x8 mm
12	Kuas	Pulley
13		V-belt
14		Bearing
15		Baut
16		Mur
17		Ring
18		Pen
19		Kertas Gosok

### Prosedur Simulasi

Anemometer dipergunakan untuk mengukur kelajuan angin. Ketika hembusan angin berlangsung, baling-baling pada perangkat anemometer akan bergerak mengikuti arah hembusan tersebut. Uji coba dilaksanakan dengan menggunakan kipas, yang menghasilkan hembusan angin satu arah, meskipun dalam praktiknya turbin direka bentuk untuk menerima angin dari berbagai penjuru. Oleh karena itu, corak sebaran angin yang diarahkan ke turbin terekam melalui bantuan bidang jendela yang ditempatkan di hadapan turbin. Analisis dari hasil pengujian dilakukan dengan tujuan mencapai hasil yang optimal, dimulai dengan menghitung kecepatan angin, daya angin, dan daya turbin. Daya yang terkandung dalam aliran udara yang melewati suatu area normal terhadap arah aliran memiliki hubungan langsung dengan eksponen tiga dari kelajuan angin[4]. Bahkan perubahan yang kecil dalam kelajuan angin dapat menyebabkan perubahan yang signifikan dalam daya yang tersedia. Perbedaan daya yang terekstrak dari baling-baling rotor merupakan hasil dari perbedaan kecepatan angin di bagian awal dan akhir [5].



**Gambar 4.** Penampang Kecepatan Angin Hulu  $V$  dan Hilir  $V_o$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari data tentang laju angin yang didapatkan dari pemantauan selama 3 hari maka dapat diperoleh hasil pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Tabel Kecepatan Angin

No	Jam	Kelembapan	Arah angin	Kecepatan angin m/s
1	08.00	73%	Timur Laut	8,3
2	10.00	60%	Timur Laut	7,5
3	12.00	59%	Timur Laut	7,7
4	14.00	64%	Timur Laut	8,1
5	16.00	61%	Timur Laut	8,6
6	18.00	68%	Timur Laut	8,7
7	20.00	58%	Timur Laut	7,8



**Gambar 5.** Diagram Kecepatan Angin

Dari Tabel 2, bisa terhitung energi kinetik untuk laju angin ( $V = 8,3 \text{ m/s}$ ), sehingga

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (1)$$

Dimana :

$m = \text{laju aliran massa udara} = \rho \cdot A \cdot V$

$\rho = \text{densitas udara}$

Dalam hal ini temperatur diasumsikan  $30^\circ$  dan  $\rho = 1,149 \text{ kg/m}^3$

Berikutnya, area ( $A$ ) dari permukaan yang disapu oleh rotor dengan rumus  $\pi/4 \cdot D^2$ . Dalam penelitian ini, dengan diameter rotor  $30 \text{ cm}$  [11], luas daerah yang terkena sapuan adalah:

$$A = \frac{3,14}{4} \cdot (0,3)^2$$

$$= 0,08 \text{ m}^2$$

Maka laju alir masa udara :

$$m = \rho \cdot A \cdot V \quad (2)$$

$$= 1,149 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,08 \text{ m}^2 \cdot 8,3 \text{ m/s}$$

$$= 0,77 \text{ kg/s}$$

Maka energi kinetik dapat dihitung

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,77 \text{ kg/s} \cdot (8,3 \text{ m/s})^2$$

$$= 26,6 \text{ joule}$$

**Daya Ouput**

Melalui perhitungan persamaan, daya keluaran dari turbin dapat diestimasi[9]:

$$P_{maks} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot c_p \tag{3}$$

Dalam hal ini efisien rotor cp diambil 0,42 maka

$$\begin{aligned} P_{maks} &= \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot c_p \\ &= \frac{1}{2} 1,149 \cdot 0,08 \text{ m}^2 \cdot (8,3 \text{ m/s})^3 \cdot 0,42 \\ &= 9,60 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dalam konteks penelitian ini, asumsi efisiensi transmisi gearbox 90%, efisiensi generator 80%, dan efisiensi baterai 80% digunakan[6]. Oleh karena itu, energi listrik yang mungkin dihasilkan adalah:  $P_{maks} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot c_p \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta_G \cdot \eta_B$  [14]

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} 1,149 \cdot 0,08 \text{ m}^2 \cdot (8,3 \text{ m/s})^3 \cdot 0,42 \cdot (0,9) \cdot (0,8) \cdot (0,8) \\ &= 5,53 \text{ watt} \end{aligned}$$

Perhitungan putaran yang diperlukan oleh generator untuk menghasilkan energi listrik dapat dilakukan menggunakan rumus[12]:

$$n = \frac{60 \cdot \lambda \cdot V}{\pi \cdot D} \tag{4}$$

Dimana : n = putaran generator (rpm)

$\lambda$  = top speed rasio

V = kecepatan angin

D = diameter sudu

Dalam hal ini TSR ( $\lambda$ ) diambil 4,1 maka putaran generator :

$$\begin{aligned} n &= \frac{60 \cdot \lambda \cdot V}{\pi \cdot D} \\ &= \frac{60 \cdot 4,1 \cdot 8,3}{3,14 \cdot 4} \\ &= 2041,8 \\ &= \frac{2041,8}{12,56} \\ &= 162,5 \text{ rpm} \end{aligned}$$

**Daya Angin**

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 & A &= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 35 \cdot 50 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,74 \text{ m}^2 \cdot 8,3 \text{ m/s} & &= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 0,35 \cdot 0,50 \\ &= 5,68 \text{ watt} & &= 2,74 \text{ m} \end{aligned}$$

**Efisien**

$$\begin{aligned} \eta &= P_g / P_{in} \cdot 100\% \\ &= 30 / 5,68 \cdot 100\% \\ &= 5,28 \text{ \%} \end{aligned}$$

**Titik pembebanan pada rangka Turbin Angin Savonius Vertikal Tipe U**

Pada rangka turbin savonius vertikal tipe U, titik pembebanan utama terletak pada sumbu vertikal (poros) di tengah-tengah struktur. Ini adalah titik dimana momen gaya angin dihasilkan oleh bilah turbin dan di transfer ke rangka[7].

Dari data yang diperoleh proses simulasi turbin angin menggunakan :

- Daya putar 98 Nm dari angin berkecepatan 40 m/s
- Daya beban sebesar 98 N dari berat poros, rangka dan sudu

$$\text{Tegangan : } G = \frac{F}{A} \tag{5}$$

Keterangan : F = Gaya yang bekerja (n)

$$G = \text{Tegangan (N/m}^2\text{)}$$

$$A = \text{Luas Penampang (m}^2\text{)}$$

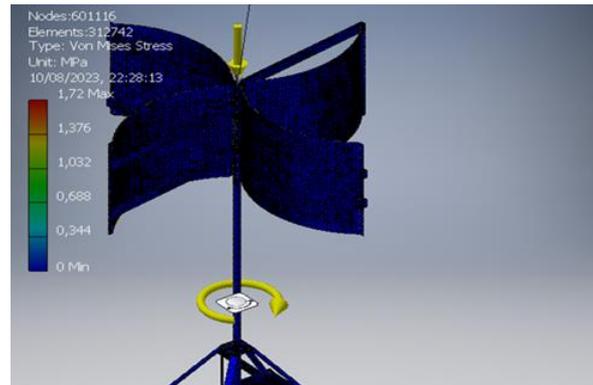
$$\begin{aligned} \text{Perhitungan : } G &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{98}{2,6} \\ &= 37.7 \text{ N/m} \end{aligned}$$

**Hasil Ringkasan (Result Summary)**

Name	Minimum	Maximum
Volume	11169000 mm <sup>3</sup>	
Mass	56,6576 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	1,72019 MPa
1st Principal Stress	-0,317014 MPa	0,952864 MPa
3rd Principal Stress	-2,03843 MPa	0,229684 MPa
Displacement	0 mm	0,00498175 mm
Safety Factor	15 ul	15 ul
Stress XX	-1,32713 MPa	0,926695 MPa
Stress XY	-0,810862 MPa	0,70153 MPa
Stress XZ	-0,308905 MPa	0,378882 MPa
Stress YY	-1,41779 MPa	0,271744 MPa
Stress YZ	-0,636481 MPa	0,704168 MPa
Stress ZZ	-1,01713 MPa	0,923932 MPa
X Displacement	-0,00352361 mm	0,00214506 mm
Y Displacement	-0,00421766 mm	0,00220734 mm
Z Displacement	-0,00392756 mm	0,00222842 mm
Equivalent Strain	0 ul	0,0000229659 ul
1st Principal Strain	-0,000000483921 ul	0,000010929 ul
3rd Principal Strain	-0,000026264 ul	0,000000481206 ul
Strain XX	-0,0000125337 ul	0,00000553848 ul
Strain XY	-0,0000156523 ul	0,0000109052 ul
Strain XZ	-0,00000596291 ul	0,00000731368 ul
Strain YY	-0,0000146894 ul	0,00000212045 ul
Strain YZ	-0,0000107358 ul	0,0000113135 ul
Strain ZZ	-0,00000974086 ul	0,00000546817 ul
Contact Pressure	0 MPa	1,29067 MPa
Contact Pressure X	-0,621974 MPa	0,341648 MPa
Contact Pressure Y	-0,749539 MPa	1,28342 MPa
Contact Pressure Z	-0,526209 MPa	0,357765 MPa

Untuk mengetahui titik pembebanan pada rangka maka dianalisis melalui *stress analysis* berikut ini :

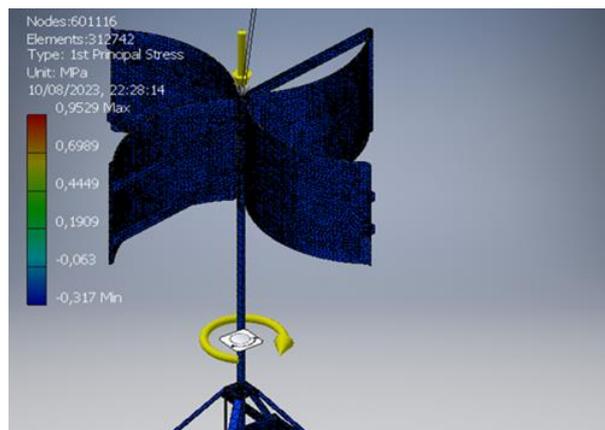
### *Von mises Stress*



**Gambar 6.** Von Mises Stress

Tegangan Von Mises pada rangka turbin Savonius adalah ukuran dari tegangan efektif yang terjadi dalam material akibat kombinasi tegangan geser. Pada turbin Savonius, tegangan ini mengacu pada distribusi tegangan dalam kerangka yang disebabkan oleh beban yang diterapkan saat turbin berputar dan berinteraksi dengan aliran angin. Rangka turbin Savonius, sebagai elemen struktural penting, harus mampu menahan tegangan dan beban yang terjadi selama operasi. Tegangan Von Mises dihitung dengan mempertimbangkan komponen tegangan geser dalam tiga dimensi. Ini mencakup tegangan normal dan tegangan geser yang berasal dari berbagai arah, seperti tegangan geser maksimum absolut dan tegangan normal yang dialami material. Dengan memahami tegangan Von Mises yang terjadi dalam rangka turbin Savonius, para insinyur dapat merancang struktur yang lebih tahan lama dan aman, serta mengidentifikasi area-area yang mungkin mengalami kelelahan atau kegagalan struktural akibat beban yang berulang-ulang. Ini membantu dalam meningkatkan performa dan efisiensi turbin Savonius serta memastikan keberlanjutan operasinya.

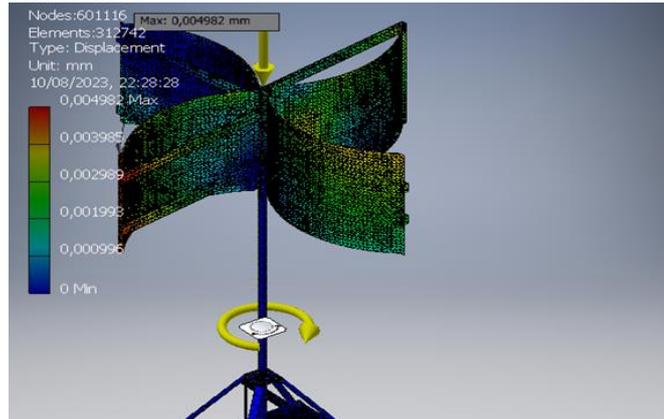
### *Principal stress*



**Gambar 7.** Principal Stress

Principal stress pada rangka turbin Savonius mengacu pada dua nilai tegangan utama yang terjadi di dalam struktur. Tegangan utama adalah tegangan maksimum dan minimum pada suatu titik dalam benda akibat beban yang bekerja padanya[15]. Pada analisis tegangan pada rangka turbin Savonius, dua nilai principal stress ini akan memberikan informasi tentang arah dan magnitudo tegangan di dalam struktur.

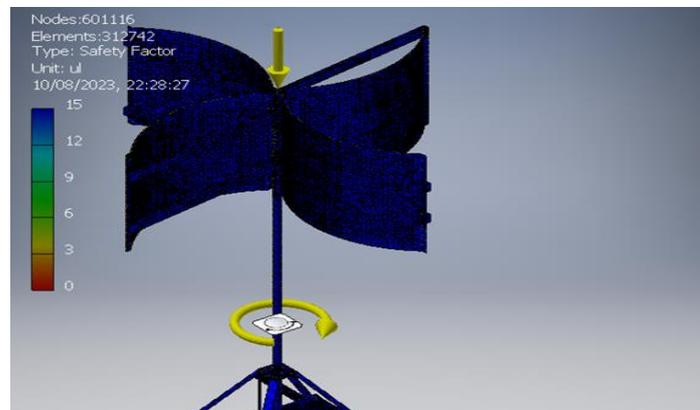
**Displacement**



**Gambar 8.** Displacement

Analisis displacement dapat memberikan informasi tentang deformasi atau perpindahan pada rangka turbin akibat gaya angin yang memutar turbin. Displacement ini dapat membantu memahami bagaimana rangka turbin bergerak dan berubah bentuk saat beroperasi. Informasi ini penting untuk memastikan bahwa rangka turbin tetap kuat dan stabil selama operasi, serta menghindari potensi kegagalan struktural akibat pergerakan yang berlebihan.

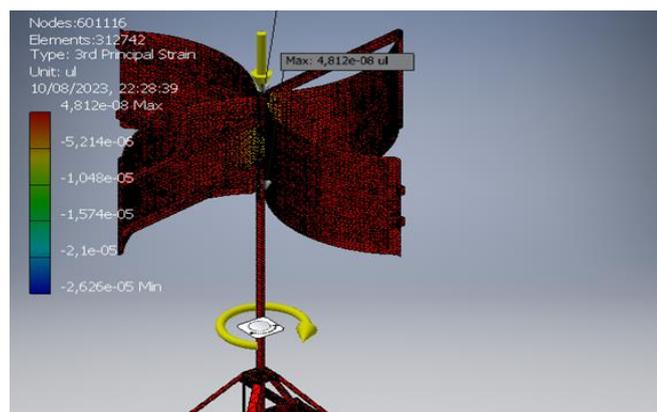
**Safety Factor**



**Gambar 9.** Safety Factor

*safety factor* digunakan untuk memastikan bahwa rangka turbin memiliki daya tahan yang memadai untuk menahan semua gaya dan beban yang terjadi selama operasi. Semakin besar nilai *safety factor*, semakin besar pula daya tahan rangka turbin terhadap berbagai beban eksternal seperti gaya angin, getaran, atau beban torsi.

**Principal Strain**



**Gambar 10.** Pricipal Strain

Dengan memahami nilai dan arah prinsipal strain pada sudu turbin Savonius, perancangan struktur turbin dapat dioptimalkan untuk mengatasi deformasi yang mungkin terjadi selama operasi, serta memastikan turbin mampu berfungsi secara efisien dan aman dalam menghasilkan energi listrik dari angin.

#### 4. Kesimpulan

Pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer yang menghasilkan daya angin 5,68 watt dengan nilai efisiensinya sebesar 5,28 %. Ketahanan pembebanan rangka cukup maksimal dan tergolong aman. Analisa rangka menggunakan *software autodesk inventor*. Titik pembebanan utama terletak pada sumbu vertikal atau poros, dimana momen gaya angin dihasilkan oleh bilah turbin dan ditransfer menuju rangka.

#### Ucapan Terima Kasih

Saya ucapkan terimakasih atas dukungannya kepada kedua orang tua saya yang sebesar-besarnya, serta saya ucapkan terimakasih kepada semua Dosen Teknik Mesin Universitas Yudharta dan teman-teman sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] Soeripno, M. S., Ibrochim, M., & Widodo, T. S. Analisa Potensi Energi Angin dan Estimasi Energi Output Turbin Angin Di Lebak Banten. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 7(1), 2010.
- [2] Valentino, V., Yusuf, I., & Hiendro, A. Rancang Bangun Turbin Angin Savonius untuk Penerangan Penginapan di Desa Temajuk Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1), 2021.
- [3] Canra, D., Haris, E., & Rahmi, M. Analisa Aliran Angin Pada Sudu Turbin Angin Savonius Tipe-U Berbasis Software. *Jurnal Teknologi Terapan. Politeknik Negeri Indramayu*, 4(2), 93-101, 2018.
- [4] Pitriadi, P., Bachmid, R., & Susanto, I. M. ANALISIS PERFORMANCE KINCIR ANGIN SUMBU VERTIKAL TIGA SUDUT DENGAN KELENGKUNGAN 90°. *Jurnal Poli-Teknologi*, 17(2), 2018.
- [5] Ariazena, R. J., & Suprayitno, I. A. Perancangan Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) Savonius 3 Sudu. *Jurnal Teknologika*, 11(2), 133-142, 2021.
- [6] Anggara, D. Pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius dengan Kapasitas Maximum 300 Watt (Doctoral dissertation), 2021.
- [7] Suryady, S., & Nugroho, E. A. Simulasi Faktor Keamanan Dan Pembebanan Statik Rangka Pada Turbin Angin Savonius. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(02), 42-48, 2022.
- [8] Setyawan, I., Salim, L. L., Sari, S. P., & Ridwan, R. Analisis Performa Turbin Angin Savonius Tipe U dengan Memvariasikan Jumlah Sudu Turbin. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 24(2), 148-153, 2020.
- [9] ROMADHON, M. Analisa Pengaruh Ratio Sudu dan Tinggi Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Angin Savonius U (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945), 2018.
- [10] Milan, K. ANALISIS PENGARUH JUMLAH SUDU DAN ODGV TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS MENGGUNAKAN METODE CFD (Doctoral dissertation, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta), 2022.
- [11] Effendi, R., & Siswanto, R. Proses Manufaktur Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus. *JTAM ROTARY*, 1(2), 117-126, 2019.
- [12] Wisesa, R. D. ANALISIS DAN PENGUJIAN KINERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS 6 SUDU (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang), 2021.
- [13] Sumarno, F. G., Margana, M., Devi, B. M., Meitanti, D., & Rizaldy, D. STUDI KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN SAVONIUS BERTINGKAT DENGAN SUDUT 120° SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET (Vol. 1, No. 1, pp. 359-373), Dec 2020.*
- [14] Zulfikar, P. H., & Laksono, H. A. Analisa Perbandingan Pengaruh Variasi Jumlah Sudu 4 Dan 8 Pada Turbin Angin Savonius Terhadap Tegangan Dan Arus Generator Dc. *Jurnal Rele: Jurnal Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, 2(1), 2019.
- [15] Shomad, M. A., Yudhanto, F., & Anugrah, R. A. Manufaktur dan Analisa Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Serat Glass/Carbon untuk Aplikasi Pembuatan Blade Turbin Savonius. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 2(1), 47-51, 2020.