

---

## Desain Dan Simulasi Turbin Angin Savonius Dengan Konfigurasi Rotor Tipe L Dan Tipe Helix Sebagai Sumber Listrik Lampu PJU Pelabuhan Perikanan Cikidang Pangandaran Jawa Barat

Wisnu Yudha Santika<sup>1</sup>, Hadi Saputra<sup>2</sup>, Toto Rusianto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: [wisnuyudhas569@gmail.com](mailto:wisnuyudhas569@gmail.com)<sup>1</sup>

---

### ABSTRACT

*Cikidang Fishing Port, Pangandaran, West Java is located in the southern region of Java island which is directly opposite the Indian Ocean which has the potential for energy development, one of which is from wind. Wind is one of the natural resources that can be used as an alternative power generation source as a substitute for conventional fuel. From the results of observations on the average wind speed for seven days of  $v = 4.8$  m/s. Based on the results of observations, a vertical axis wind turbine, namely Savonius, is planned as the drive of the power plant generator, with configurations in the shape of the rotor, namely the L type and helix type. In type L with a diameter of 1.1 meters, a height of 1.4 meters can receive kinetic energy = 60.96 Joules which has the potential to produce a rotor power of 110.87 Watts. While in the Helix type with a diameter of 1.1 meters, a height of 1.4 meters can receive 82,63 Joules which has the potential to produce a rotor power of 159.32 Watts. In the static structural simulation, for the Savonius L type wind turbine rotor with Aluminum Alloy material, it showed a total deformation of 12.239 mm, an equivalent elastic strain of  $2.1252 \times 10^{-4}$  mm, and an equivalent stress of 14.973 MPa at a rotor rotation speed of 83.4 RPM with a wind thrust force of 25.4 Newton. The Savonius Helix type wind turbine rotor with Aluminum Alloy material showed a total deformation of 11.74 mm equivalent elastic strain of  $1.5941 \times 10^{-5}$  mm, and an equivalent stress of 18.75 MPa at a rotor rotation speed of 83.4 RPM with a wind thrust force of 34.43 Newton.*

**Keywords:** Design and Simulation, Rotor, Savonius, Wind Turbine.

### INTISARI

Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat berada di wilayah selatan pulau Jawa yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia yang memiliki potensi pengembangan energi yang salah satunya dari angin. Angin merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai sumber pembangkit listrik alternatif sebagai pengganti dari bahan bakar konvensional. Dari hasil pengamatan terhadap kecepatan angin rata-rata selama tujuh hari sebesar  $v = 4,8$  m/s. Berdasarkan hasil pengamatan, direncanakan suatu turbin angin sumbu vertikal yaitu Savonius sebagai penggerak generator pembangkit listrik, dengan konfigurasi pada bentuk rotornya yaitu tipe L dan tipe Helix. Pada tipe L dengan diameter 1,1 meter, tinggi 1,4 meter dapat menerima energi kinetik = 60,96 Joule yang berpotensi menghasilkan daya rotor sebesar 110,87 Watt. Sedangkan pada tipe Helix dengan diameter 1,1 meter, tinggi 1,4 meter dapat menerima 82,63 Joule yang berpotensi menghasilkan daya rotor yang sebesar 159,39 Watt. Pada simulasi static structural, untuk rotor turbin angin Savonius tipe L dengan material Aluminium Alloy menunjukkan total deformation 12,239 mm, equivalent elastic strain sebesar  $2,1252 \times 10^{-4}$  mm, dan equivalent stress sebesar 14,973 MPa dikecepatan putaran rotor 83,4 RPM dengan gaya dorong angin 25,4 Newton. Pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix dengan material Aluminium Alloy menunjukkan total deformation 11,74 mm equivalent elastic strain sebesar  $1,5941 \times 10^{-5}$  mm, dan equivalent stress sebesar 18,75 MPa dikecepatan putaran rotor 82,6 RPM dengan gaya dorong angin 34,43 Newton.

**Kata kunci:** Desain dan Simulasi, Rotor, Savonius, Turbin Angin.

---

### PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan energi pada khususnya energi listrik energi terbarukan menjadi pilihan yang tepat. Sumber energi terbarukan diinginkan karena kontribusinya terhadap pengurangan gas rumah kaca dan ketahanan nasional pasokan energi tanpa komplikasi pencemaran udara (Jaber 2013). tentunya menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan disuatu tempat misalnya daerah pesisir pantai. Semua bidang pekerjaan saat ini dominan menggunakan peralatan elektronika yang menjadikan sumber energinya adalah energi listrik. Sementara kebutuhan energi

listrik terus meningkat (Wiratama, Mara, and Prina 2014). Keterbatasan energi listrik pada suatu tempat misalnya daerah pesisir pantai kerap sekali ditemukan yang dipengaruhi oleh sulitnya penyaluran energi listrik dari sumbernya.

Tabel 1. Pengelompokan potensi energi angin, pemanfaatan dan lokasi potensial

Kelas	Kec. Angin (m/s)	Daya Spesifik (W/m <sup>2</sup> )	Kapasitas (kW)	Lokasi
Skala kecil	2,5 – 4,0	< 75	s/d 10	Jawa, NTB, NTT, Maluku, Sulawesi
Skala menengah	4,0 – 5,0	75 - 100	10 - 100	Jawa, NTB, NTT, SULSEL, SULTRA
Skala besar	> 5,0	> 150	> 100	SULSEL, NTB, NTT, Pantai Selatan Jawa

Wilayah selatan Jawa Barat merupakan daerah pesisir yang langsung berhadapan dengan Samudera Hindia dengan karakteristik gelombang dan angin yang berfluktuasi sepanjang tahun dengan pola angin dan gelombang memiliki hasil tunggang yang besar dimana pola kecepatan angin berkisar antara 5,305 – 12,604 m/s dengan ketinggian gelombang dalam satu tahun didapatkan yaitu antara 1,95 – 3,1 m (Purba 2014). Pangandaran merupakan daerah pesisir yang berada di wilayah selatan Jawa Barat. Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat berada di Pangandaran bagian selatan yang langsung berhadapan dengan Samudera Hindia. Hal ini juga disampaikan oleh Sumiati (2014), di daerah Padang memiliki kecepatan angin yang rendah sehingga cocok untuk diterapkan kincir angin sumbu vertikal (Sumiati and Amri 2014).

Turbin angin sumbu vertikal (VAWT) sangat menjanjikan untuk pembangkit listrik skala kecil pada kecepatan angin rendah, tetapi lebih banyak perhatian oleh komunitas ilmiah dan industri khusus diperlukan untuk mengembangkan konverter energi angin yang andal dengan biaya rendah (Arpino et al. 2017). Turbin angin sumbu vertikal Savonius adalah mesin torsi tinggi yang berputar lambat dengan dua sudu atau lebih dan digunakan dalam turbin daya efisiensi rendah dengan keandalan tinggi. Sebagian besar turbin angin menggunakan gaya angkat yang dihasilkan oleh bilah berbentuk airfoil untuk menggerakkan rotor, Savonius menggunakan gaya hambat dan karena itu tidak dapat berputar lebih cepat dari kecepatan angin datang (Ahire et al. 2017). Penggunaan perangkat lunak untuk melakukan analisis dari turbin angin dapat dilakukan dengan mudah dan cepat, khususnya dalam hal aerodinamisnya (Ockfend and Matveev 2013). Peninjauan dari segi kekuatan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak juga digunakan oleh Chala (2019) untuk menganalisis sifat mekanis dari sudu turbin (Jayaramulu 2019). Dengan melihat pada tabel Pengelompokan potensi energi angin, pemanfaatan dan lokasi potensial dan pola kecepatan angin di wilayah selatan Jawa Barat diatas kecepatan angin minimal di wilayah selatan Jawa Barat sebesar 2,5 m/s. Dengan kecepatan angin sebesar 2,5 m/s jenis turbin angin yang dipilih pada penelitian dan perancangan kali ini adalah turbin angin sumbu vertikal tipe *Savonius*, karena bisa berputar pada kecepatan angin rendah (*low wind velocity*) dengan putaran awal (*starting*) dapat terjadi pada kecepatan 2 m/s serta konstruksinya yang sangat sederhana. Dengan bantuan perangkat lunak CFD turbin angin dalam perancangan ini dianalisis dari segi aliran fluida dan mekanika.

## METODOLOGI

Data yang diperlukan antara lain, kecepatan angin maksimal di Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat. Pengukuran kecepatan angin maximal menggunakan anemometer yang ditunjukkan pada gambar 1 Data angin ini berfungsi sebagai input perhitungan dan input dalam simulasi.



Gambar 1. Anemometer

Analisis perhitungan dilakukan dengan dua cara yaitu perhitungan manual untuk mengetahui spesifik rotor turbin angin *Savonius* dan perhitungan berbantu *software* yaitu:

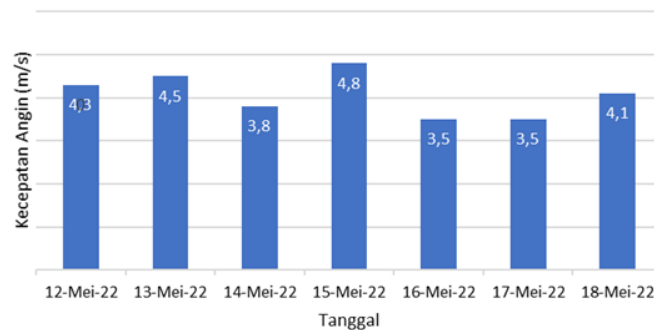
- Perhitungan manual, ditujukan untuk mengetahui spesifik rotor turbin angin *Savonius* yang diantaranya menghitung volume aliran udara, menghitung massa aliran udara, menghitung energi kinetik, menghitung daya angin, menghitung percepatan udara, menghitung gaya dorong angin, menghitung torsi, menghitung kecepatan sudut rotor, menghitung kecepatan putaran rotor, menghitung tip speed ratio, menghitung daya rotor, dan menghitung koefisien daya.
- Perhitungan berbantu *software*, tahapan ini dimulai dengan simulasi metode elemen hingga pada rotor turbin angin *Savonius*. menggunakan Ansys 2019.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Kecepatan Angin

Pengukuran kecepatan angin dilakukan di Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat selama tujuh hari terhitung tanggal 12 Mei 2022 s.d 18 Mei 2022 dengan waktu pengukuran dibagi menjadi tiga sesi yakni pukul 9.00 WIB s.d 10.00 WIB, pukul 12.00 WIB s.d 13.00 WIB, dan pukul 16.00 WIB s.d 17.00 WIB. Dari hasil pengukuran kecepatan angin yang tertinggi atau maksimal didapatkan pada tanggal 15 Mei 2022 dengan kecepatan angin sebesar 4,8 *m/s* yang dapat dilihat pada gambar 2.

Grafik Hasil Pengukuran Kecepatan Angin



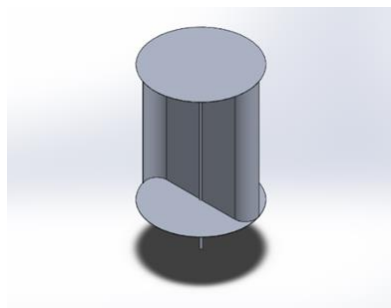
Gambar 2. Grafik Hasil Pengukuran Kecepatan Angin

### b. Hasil Desain Rotor Turbin Angin *Savonius*

Proses desain rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* maupun tipe *Helix* dilakukan menggunakan *software Solidworks 2020*.

#### 1) Rotor Turbin Angin *Savonius* Tipe *L*

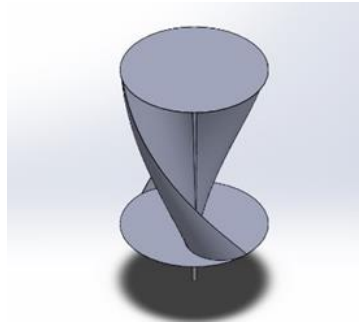
Rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* (lihat gambar 3) ini memiliki diameter 1,1 *meter*, tinggi 1,4 *meter*, jari-jari 0,55 *meter*, panjang lengan 0,5 *meter*, dan luas penampang 0,9 *meter*<sup>2</sup>.



Gambar 3. Rotor turbin angin *Savonius* tipe *L*

#### 2) Rotor Turbin Angin *Savonius* Tipe *Helix*

Rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix* (lihat gambar 4) ini memiliki diameter 1,11 *meter*, tinggi 1,4 *meter*, jari-jari 0,555 *meter*, panjang lengan 0,54 *meter*, dan luas penampang 1,22 *meter*<sup>2</sup>.

Gambar 4. Rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix*

### c. Perhitungan Spesifikasi Rotor Turbin Angin *Savonius*

Perhitungan spesifikasi turbin angin dilakukan untuk mengetahui potensi dari rotor turbin angin *Savonius*, Perhitungan ini meliputi rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dan tipe *Helix* sebagai berikut ,

- 1) Menghitung laju aliran volume angin  

$$\dot{V} = v A$$
 Dengan:  $\dot{V}$  = Laju aliran volume angin ( $m^3/s$ ),  $v$  = Kecepatan angin ( $m/s$ ), dan  $A$  = Luas penampang ( $m^2$ )
- 2) Menghitung laju aliran massa angin  

$$\dot{m} = \rho \times \dot{V}$$
 Dengan:  $\dot{m}$  = Laju aliran massa angin ( $kg/s$ ), dan  $\rho$  = Massa jenis udara ( $kg/m^3$ )
- 3) Menghitung energi kinetik  

$$Ek = \frac{1}{2} \dot{m} v^2$$
 Dengan:  $Ek$  = Energi kinetik ( $J$ )
- 4) Menghitung daya angin  

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho v^3 A$$
 Dengan:  $P_{in}$  = Daya angin ( $Watt$ )
- 5) Menghitung percepatan angin  

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
 Dengan:  $a$  = Percepatan ( $m/s^2$ ),  $\Delta v$  = perubahan kecepatan ( $m/s$ ),  $\Delta t$  = perubahan waktu ( $s$ )
- 6) Menghitung gaya dorong angin  

$$F = \dot{m} \times a$$
 Dengan:  $F$  = Gaya Dorong Angin ( $Newton$ )
- 7) Menghitung torsi  

$$T = F \times l$$
 Dengan:  $T$  = Torsi ( $Nm$ ), dan  $l$  = Panjang lengan sudu rotor turbin ( $m$ )
- 8) Menghitung kecepatan sudut rotor  

$$\omega = \frac{v}{r}$$
 Dengan:  $\omega$  = Kecepatan sudut ( $rad/s$ ), dan  $r$  = Jari-jari rotor turbin angin ( $m$ )
- 9) Menghitung Kecepatan Putaran Rotor  

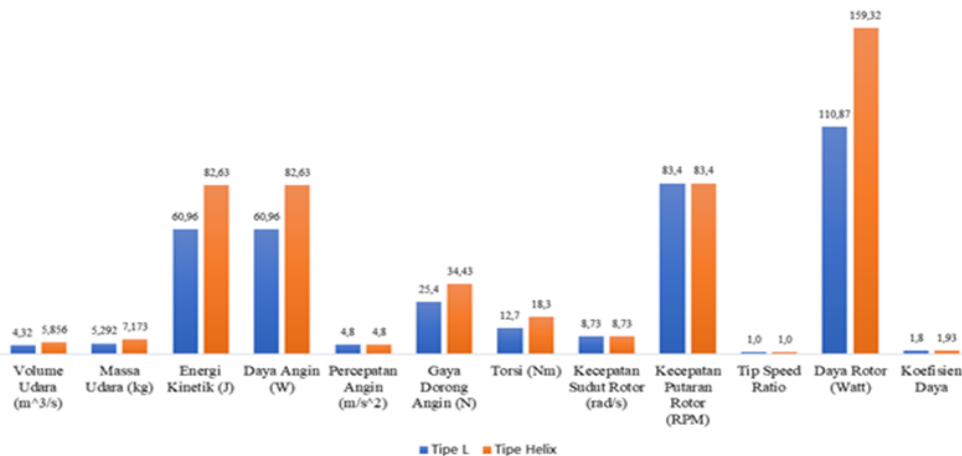
$$n = \frac{\omega 60}{2\pi}$$
 Dengan:  $n$  = Kecepatan putaran rotor ( $RPM$ )
- 10) Menghitung *tip speed ratio* (Jugulkar and Singh 2016)(Ariazena and Suprayitno 2021)  

$$\lambda = \frac{\omega r}{v}$$
 Dengan:  $\lambda$  = *Tip speed ratio*
- 11) Menghitung daya rotor  

$$P_{out} = T \times \omega$$
 Dengan:  $P_{out}$  = Daya rotor ( $Watt$ )
- 12) Menghitung koefisien daya  

$$Cp = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$
 Dengan:  $Cp$  = Koefisien daya

Hasil perhitungan Spesifikasi rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dan tipe *Helix* dapat dilihat pada gambar 5.

Gambar 5. Grafik spesifikasi rotor turbin angin *Savonius*

Pada gambar 5 menampilkan perbandingan spesifikasi rotor turbin angin *Savonius* pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dan tipe *Helix*, dimana rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* lebih unggul spesifikasinya dari spesifikasi rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix*.

#### d. Pemilihan Bahan

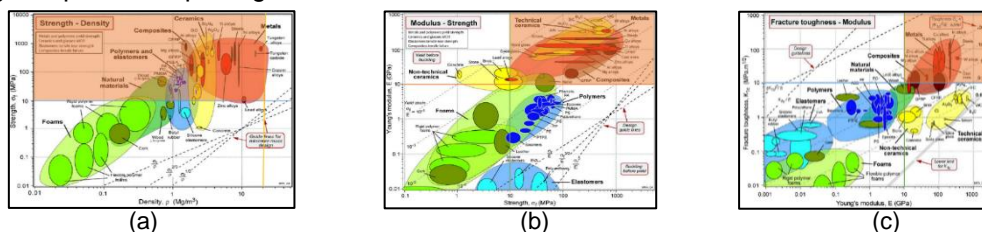
Pemilihan bahan dilakukan dengan metode digital logic untuk rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dan tipe *Helix*.

- 1) Syarat kandidat bahan untuk rotor turbin angin, ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Syarat kandidat bahan

No.	Variabel	Batasan	Tujuan
1.	Kuat	>10 Mpa	MAX
2.	Tangguh	> 10 MPa.m <sup>1/2</sup>	MAX
3.	Ringan	< 20 Mg/m <sup>3</sup>	MIN
4.	Kaku	> 10 GPa	MAX

- 2) Seleksi kandidat bahan, untuk menyeleksi bahan yang sesuai dengan syarat kandidat bahan digunakan beberapa diagram ashby yang berpatokan pada syarat kandidat bahan yang didapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram ashby (a) *Strength–Density*, (b) *Modulus–Strength*, (c) *Toughness–Strength* Berdasarkan dari ketiga diagram ashby diatas dipilihlah kandidat bahan yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Kandidat Bahan

Nama Bahan	Nilai dan Sifat Bahan			
	Toughness (MPa.m <sup>1/2</sup> )	Strength (MPa)	Density (Mg.m <sup>3</sup> )	Modulus (GPa)
GFRP	24	118,5	1,8	27
Al Alloys	38	145	2,8	85
CFRP	20	1100	1,6	160
Wood	9	6,2	0,83	22
Tujuan	MAX	MAX	MIN	MAX

- 3) Perhitungan digital logic dilakukan dengan pembobotan antara 2 sifat material yang dibandingkan, dan digunakan sebagai nilai sistematis untuk menentukan nilai alfa ( $\alpha$ ). Metode digital logic bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Metode *digital logic*

Property	Number of positive decision N = n(n-1)/2						Positive Decision (m)	Relative Emphasis Coefficient $\alpha$
	1	2	3	4	5	6		
Kuat	1	0	1				2	0,34
Tangguh	0			1	1		2	0,34
Ringan		1		0		0	1	1,6
Kaku			0		0	1	1	1,6
<i>Total number of positive decision</i>							6	$\Sigma\alpha = 1$

- 4) Menghitung *Scaled Property* ( $\beta$ ) dan *Performance Index* ( $\gamma$ )  
 Untuk menghitung Max dan Min Scaled Property ( $\beta$ ) menggunakan rumus sebagai berikut,

$$\text{Max} = \beta \text{ max} = \frac{\text{Nilai bahan}}{\text{Nilai max kandidat}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Min} = \beta \text{ min} = \frac{\text{Nilai min bahan}}{\text{Nilai bahan}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Sedangkan untuk menghitung performance indeks menggunakan rumus berikut,

$$\gamma_{\text{material}} = (a_{\text{Toughness}} \cdot \beta_{\text{Toughness}}) + (a_{\text{Strength}} \cdot \beta_{\text{Strength}}) + (a_{\text{Density}} \cdot \beta_{\text{Density}}) + (a_{\text{Modulus}} \cdot \beta_{\text{Modulus}}) \dots \dots \dots (3)$$

Hasil dari perhitungan *Scaled Property* ( $\beta$ ) dan *Performance Index* ( $\gamma$ ) ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. *Performance Index* ( $\gamma$ )

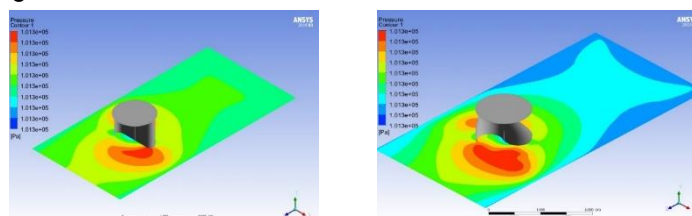
Nama Bahan	<i>Scaled Property</i> ( $\beta$ )				<i>Performance Index</i> ( $\gamma$ )
	<i>Toughness</i> (MPa.m <sup>1/2</sup> )	<i>Strength</i> (MPa)	<i>Density</i> (Mg/m <sup>3</sup> )	<i>Modulus</i> (GPa)	
GFRP	24	118,5	1,8	27	62,57
Al Alloys	38	145	2,8	85	101
CFRP	20	1100	1,6	160	98,73
Wood	9	6,2	0,83	22	26,5
	(MAX)	(MAX)	(MIN)	(MAX)	

**e. Hasil Simulasi Rotor Turbin Angin Savonius**

Hasil simulasi pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dan tipe *Helix* meliputi *fluid dynamic* dan *static structural* menggunakan *software ANSYS 2019*.

1) *Fluid Dynamic*

a) Pola Tekanan Angin

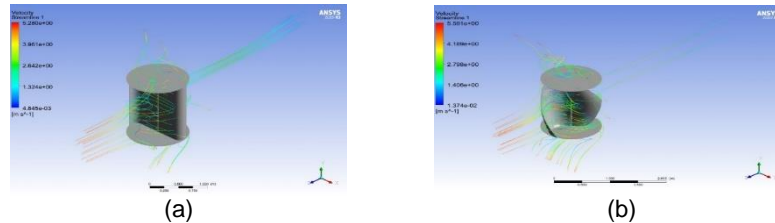


Gambar 7. (a) Tekanan angin rotor tipe *L*, (b) Tekanan angin rotor tipe *Helix*

Pada simulasi tekanan angin dimaksudkan untuk mengetahui pola tekan angin terhadap rotor turbin, pola tekan angin pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* terjadi pada kedua sisi ujung rotor yang terbesar ditunjukkan pada countur warna jingga sebesar 101343 Pa dan yang terkecil ditunjukkan pada countur warna biru muda sebesar 101312 Pa. Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix*, pola tekan angin terjadi pada kedua sisi ujung rotor yang terbesar ditunjukkan pada *countur* warna jingga sebesar 101344 Pa dan yang terkecil ditunjukkan pada *countur* warna kuning sebesar 101320 Pa.

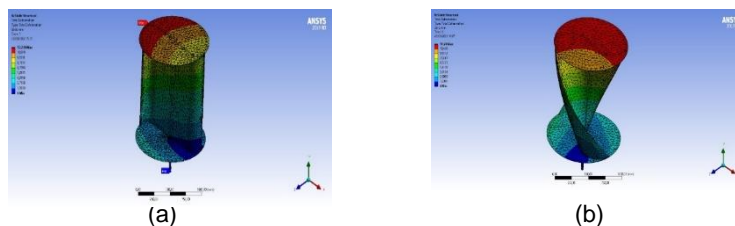
## b) Aliran Angin

Pada simulasi aliran angin dimaksudkan untuk mengetahui pola aliran angin terhadap rotor turbin, pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* pola aliran angin terjadi pada kedua sisi ujung rotor yang terbesar ditunjukkan pada *countur* warna biru muda sebesar  $1,324 \text{ m/s}$  dan yang terkecil ditunjukkan pada *countur* warna hijau sebesar  $1,324 \text{ m/s}$ . Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix* angin terjadi pada kedua sisi ujung rotor yang terbesar ditunjukkan pada *countur* warna merah sebesar  $5,5813 \text{ m/s}$  dan yang terkecil ditunjukkan pada *countur* warna biru sebesar  $0,0137417 \text{ m/s}$ .

Gambar 9. (a) Aliran angin rotor tipe *L*, (b) Aliran angin rotor tipe *Helix*

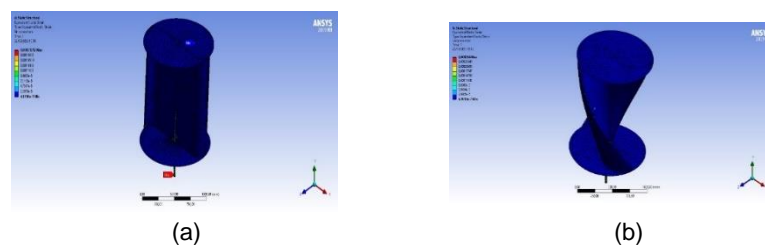
## 2) Static Structural

## a) Total Deformation

Gambar 10. (a) Total deformation rotor tipe *L*, (b) Total Deformation rotor tipe *Helix*

Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dengan kecepatan putaran rotor sebesar  $83,4 \text{ RPM}$  dan gaya  $25,4 \text{ N}$  terjadi deformasi pada secara minimum sebesar  $0 \text{ mm}$ , pada secara rata-rata sebesar  $5,4166 \text{ mm}$ , dan pada secara maximum sebesar  $12,239 \text{ mm}$ . Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix* dengan kecepatan putaran rotor sebesar  $83,4 \text{ RPM}$  dan gaya  $34,43 \text{ N}$  terjadi deformasi total pada secara minimum sebesar  $0 \text{ mm}$ , pada secara rata-rata sebesar  $5,9935 \text{ mm}$ , dan pada secara maximum sebesar  $11,74 \text{ mm}$ .

## b) Equivalent Elastic Strain



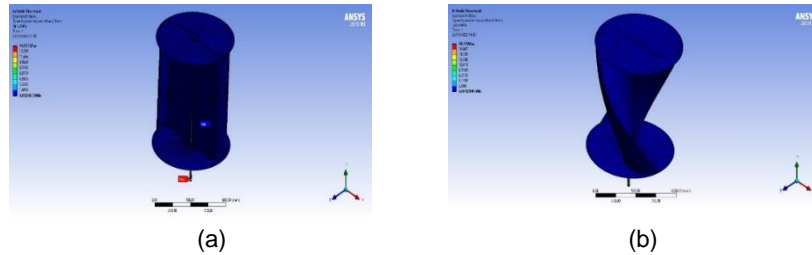
Gambar 11. (a) Equivalent Elastic Strain, (b) Equivalent Elastic Strain

Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dengan kecepatan putaran rotor sebesar  $83,4 \text{ RPM}$  dan gaya  $25,4 \text{ N}$  terjadi *Equivalent elastic strain* pada secara minimum sebesar  $4,1118 \times 10^{-7} \text{ mm}$ , pada secara rata-rata sebesar  $9,9041 \times 10^{-6} \text{ mm}$ , dan pada secara maximum sebesar  $2,1252 \times 10^{-4} \text{ mm}$ . Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix* dengan kecepatan putaran rotor sebesar  $83,4 \text{ RPM}$  dan gaya  $34,43 \text{ N}$  terjadi *Equivalent elastic strain* pada secara minimum sebesar  $4,1613 \times 10^{-7} \text{ mm}$ , pada secara rata-rata sebesar  $2,66 \times 10^{-4} \text{ mm}$ , dan pada secara maximum sebesar  $1,5941 \times 10^{-5} \text{ mm}$  pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix*.

## c) Equivalent Strees

Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dengan kecepatan putaran rotor sebesar  $83,4 \text{ RPM}$  dan gaya  $25,4 \text{ N}$  terjadi *Equivalent stress* pada secara minimum sebesar  $2,4653 \times 10^{-3} \text{ MPa}$ , pada secara rata-rata sebesar  $0,47222 \text{ MPa}$ , dan pada secara maximum sebesar  $14,973$

MPa pada rotor turbin angin Savonius tipe L. Pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix dengan kecepatan putaran rotor sebesar 83,4 RPM dan gaya 34,43 N terjadi Equivalent stress pada secara minimum sebesar  $5,2906 \times 10^{-4}$  MPa, pada secara rata-rata sebesar 0,65866 MPa, dan pada secara maximum sebesar 18,75 MPa pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix



Gambar 12. (a) Equivalent stress, (b) Equivalent stress

## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan simulasi pada desain rotor turbin angin Savonius sebagai sumber listrik lampu PJU Pelabuhan Perikanan Cikidang Pangandaran Jawa Barat dapat disimpulkan pergerakan udara atau angin di Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat memiliki kecepatan sebesar 4,8 m/s yang berpotensi daya angin sebesar 60,96 Watt pada rotor turbin angin Savonius tipe L dan pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix berpotensi menghasilkan daya angin sebesar 82,63 Watt. Rotor turbin angin Savonius tipe L memiliki diameter 1,1 meter dengan tinggi 1,4 meter secara teoritis berpotensi menerima volume angin sebesar  $4,32 \text{ m}^3/\text{s}$ , massa angin sebesar 5,292 kg/s pada kecepatan angin sebesar 4,8 m/s serta berpotensi menerima gaya dorong sebesar 25,4 Newton menghasilkan daya rotor sebesar 110,87 Watt pada putaran 83,4 RPM. Pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix memiliki diameter 1,1 meter dengan tinggi 1,4 meter secara teoritis berpotensi menerima volume angin sebesar  $5,856 \text{ m}^3/\text{s}$ , massa angin sebesar 7,173 kg/s pada kecepatan angin sebesar 4,8 m/s serta berpotensi menerima gaya dorong sebesar 34,43 Newton menghasilkan daya rotor sebesar 160,89 Watt pada kecepatan putaran 83,4 RPM. Pada simulasi *static structural*, untuk rotor turbin angin Savonius tipe L dengan material Aluminium Alloy menunjukkan *total deformation* 12,239 mm, *equivalent elastic strain* sebesar  $2,1252 \times 10^{-4}$  mm, dan *equivalent stress* sebesar 14,973 MPa dikecepatan putaran rotor 83,4 RPM dengan gaya dorong angin 25,4 Newton. Untuk rotor turbin angin Savonius tipe Helix dengan material Aluminium Alloy menunjukkan *total deformation* 11,74 mm, *equivalent elastic strain* sebesar  $1,5941 \times 10^{-5}$  mm, dan *equivalent stress* sebesar 18,75 MPa pada kecepatan putaran rotor 83,4 RPM dengan gaya dorong angin 34,43 Newton.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahire, Rutvik et al. 2017. "Review on Vertical Axis Wind Turbine." 03(5): 5–9.
- Ariazena, Riza Jaka, and Agus Suprayitno. 2021. "Perancangan Turbin Angin Sumbu Vertikal ( TASV ) Savonius 3 Sudu." *Teknologika* 11(2).
- Arpino, F et al. 2017. "CFD Simulations of Power Coefficients for an Innovative Darrieus Style Vertical Axis Wind Turbine with Auxiliary Straight Blades CFD Simulations of Power Coefficients for an Innovative Darrieus Style Vertical Axis Wind Turbine with Auxiliary Straight Blad." *IOP Conf. Series: Journal of Physics* (923).
- Jaber, Suaad. 2013. "Environmental Impacts of Wind Energy." 1(3): 1–4.
- Jayaramulu, Challa. 2019. "Modeling and Analysis of a Small Wind Turbine Blade." 8(4): 1188–91.
- Jugulkar, Lalitkumar Maikulal, and Shankar Singh. 2016. "Analysis of Suspension with Variable Stiffness and Variable Damping Force for Automotive Applications." 8(5): 1–19.
- Ockfend, Alex E, and Konstantin I Matveev. 2013. "A Erodynam Mic Charac Teristics o f NACA 4412 Airfoi II Section with w Flap in Extrem Me Ground Effect."
- Purba, Noir Primadona. 2014. "Variabilitas Angin Dan Gelombang Laut Sebagai Energi Terbarukan Di Pantai Selatan Jawa Barat." *Jurnal Akuatika* 5(1): 8–15.
- Sumiati, Ruzita, and Khairul Amri. 2014. "Rancang Bangun Micro Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Rumah Tinggal Di Daerah Kecepatan Angin Rendah." (November): 1–5.
- Wiratama, I Kade, I Made Mara, and L Edsona Furqan Prina. 2014. "Pengaruh Jumlah Blade Dan Variasi Panjang Chor D Terhadap Performansi Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH )." 4(2): 110–16.