

## Simulasi Kekuatan Mekanik Sudu Turbin Angin Horizontal Menggunakan *Software Simscale*

Mubni Nazar<sup>1</sup>, Anggito P. Tetuko<sup>2</sup>, dan Djuhana<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Pamulang 15417, Tangerang Selatan, Indonesia.

<sup>2</sup> Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Serpong 15314, Tangerang Selatan, Indonesia.

E-mail: mubninazar12@gmail.com

Masuk :28 Oktober 2020

Direvisi :1 November 2020

Disetujui :2 Januari 2021

**Abstrak:** Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan koefisien daya yang maksimal. Salah satunya dengan menggunakan kualitas sudu yang baik. Untuk mengoptimalkan fungsi turbin angin penulis menggunakan material sudu pada turbin angin dengan menggunakan *Acrylonitrine Butadine Styrene* (ABS). Oleh karena itu pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *Finite Element Analysis* Simulasi yang dipilih adalah *dynamic*. Penelitian ini adalah pengujian kekuatan sudu turbin angin horizontal dengan variasi kecepatan angin 10 – 20 m/s ditinjau dari von mises stress dan *displacement*. Dari hasil simulasi kecepatan angin memiliki pengaruh terhadap distribusi stress dan *displacement*. Material yang digunakan masih berada di bawah batas kekuatan material, semakin besar gaya yang diberikan semakin besar nilai stress dan *displacement*. Pada hasil simulasi didapatkan nilai stress minimum 5.8 Pa stress maksimum 22.94 Sedangkan dalam pengujian *displacement* dihasilkan nilai minimum 1.27 m *displacement* maksimum 4.99 m.

**Kata kunci:** Turbin Angin Horizontal, ABS, Von Mises Stress, *Displacement*.

**Abstract:** This research was conducted to increase the maximum power coefficient. One of them is by using a good quality blade. To optimize the function of the wind turbine, the authors use the blade material in the wind turbine using *Acrylonitrine Butadine Styrene* (ABS). Therefore, in this study the method used is the *Finite Element Analysis* method. The simulation chosen is *dynamic*. This research is a test of horizontal wind turbine blade strength with wind speed variations of 10-20 m / sec in terms of stress and displacement. From the simulation results, wind speed has an influence on the distribution of stress and displacement. The material used is still below the material strength limit, the greater the force applied, the greater the stress and displacement values. In the simulation results, the minimum stress value is 5.8, the maximum voltage Pa is 22.94, while in the displacement test the resulting value is 1.27 m, the maximum displacement is 4.99 m.

**Keywords:** Horizontal Wind Turbine, ABS, Von Mises Stress, *Displacement*

### PENDAHULUAN

Energi angin adalah energi alternatif yang merupakan sumber energi yang terbarukan. Angin adalah udara yang bergerak diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan rendah [1].

Turbin angin merupakan suatu alat yang mampu mengubah energi angin menjadi energi mekanik dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator. Turbin angin poros horizontal ini dapat ditingkatkan efisiensinya untuk mendapat koefisien daya yang maksimal. Salah satunya dengan menggunakan kualitas sudu yang baik [2].

Produk yang baik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup suatu perusahaan, contoh produksi sudu turbin angin horizontal, sudu trbin angin horizontal adalah suatu komponen dalam turbin angin yang digunakan untuk menerima energi kinetik dari angin dan merubahnya menjadi energi mekanik. Dalam proses pembuatan

sudu turbin angin horizontal tidak akan terlepas dari cacat proses produksi hal ini sangat merugikan bagi perusahaan. Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat kegagalan dalam proses produksi, Antara lain faktor material yang digunakan untuk membuat sudu turbin angin horizontal.

Oleh karena itu peneliti ini bertujuan untuk mempelajari kekutan mekanik sudu turbin angin dengan pengaruh kecepatan angin terhadap distribusi stress dan *displacement* pada sudu. Dengan menggunakan material *Acrylonitrine Butadine Styrene (ABS)* diharapkan sudu turbin mendapatkan kualitas terbaik dari sifat mekaniknya.

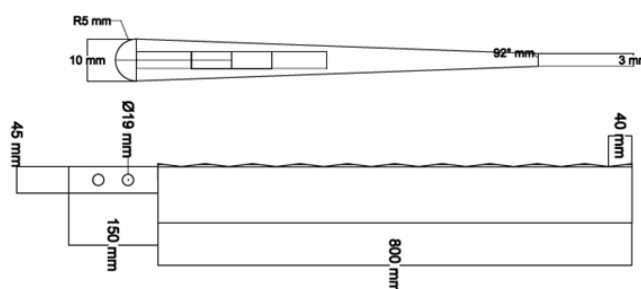
## METODOLOGI

Model 3D dibuat dengan menggunakan software autoCAD. Simulasi dilakukan dengan model 3D pada (Gambar 1). Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi numerik dengan bantuan perangkat lunak *SIMSCALE* berbasis *Finite Element Method* yaitu salah satu dari metode numerik yang memanfaatkan operasi *matrix* untuk menyelesaikan masalah-masalah fisik. Metode ini dikenal sebagai metode elemen hingga, karena kita membagi permasalahan menjadi sejumlah elemen tertentu (*finite*) untuk mewakili permasalahan yang sebenarnya jumlah elemennya adalah tidak berhingga [3].

Material yang digunakan dalam pembuatan sudu turbin angin ini *Acrylonitrine Butadine Styrene (ABS)* yaitu sejenis kopolimer termoplastik yang tersusun dari polimer-polimer lainnya [4].

**Tabel 1.** Sifat Mekanik plastik ABS

Modulus Young	2.62 GPa
Density	1030 (kg/m <sup>3</sup> )
Poissons Ratio	0.34
Ultimate Tensile Strength	71.5 MPa



**Gambar 1.** Desain turbin angin horizontal

### Nilai asumsi

Sebelum melakukan analisis lebih lanjut terlebih dahulu menentukan nilai asumsi untuk penelitian sebagai berikut: [5]

Kecepatan angin 10 - 20 m/s.

Koefisien kerja ( $C_p$ ) 0.3

Efisiensi listrik dan mekanik 0,95 dan 0,90.

Untuk luas ( $A$ ) akan mengikuti desain sudu.

Density udara (1.225 kg/m<sup>3</sup>) [5]

Untuk memperoleh nilai gaya (*force*) maka dilakukan perhitungan berikut [6]

## 1. Daya Angin

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p \eta_e \eta_m$$

Dimana:

 $P_w$  = Daya angin (watt) $\rho$  = Massa jenis udara

$$(\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3)$$

 $A$  = Luas penampang turbin ( $\text{m}^2$ ) $v$  = Kecepatan angin (m/s)

## 3. Torsi

$$T = 9.55 \times 10^{-6} \frac{P}{n}$$

Dimana :

 $T$  : Torsi (N.mm) $P$  : Daya (W) $n$  : kecepatan rotasi (RPM)

## 2. Tip Speed Ratio (TSR)

$$n = \frac{60 v}{\pi 2r}$$

Dimana :

 $n$  : tip speed ratio $r$  : jari-jari sudu (m) $v$  : kecepatan angin (m/s)

## 4. Gaya

$$F = \frac{T}{r}$$

Dimana

 $F$  = Gaya (N) $T$  = Torsi (N.mm) $R$  = jari-jari (mm)

Berdasarkan pada perhitungan diatas dapat diperoleh nilai gaya berikut

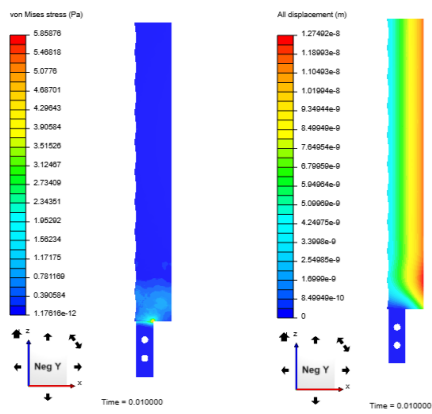
**Tabel 2.** Hasil perhitungan nilai gaya [5]

No	v (m/s)	P (W)	n (RPM)	T (N.mm)	F (N)
1	10	11.94	239	477	1.2
2	11	15.89	264	577	1.4
3	12	20.63	287	688	1.7
4	13	26.23	310	808	2
5	14	32.76	334	936	2.3
6	15	40.29	358	1074	2.6
7	16	48.90	382	1222	3
8	17	58.66	406	1379	3.4

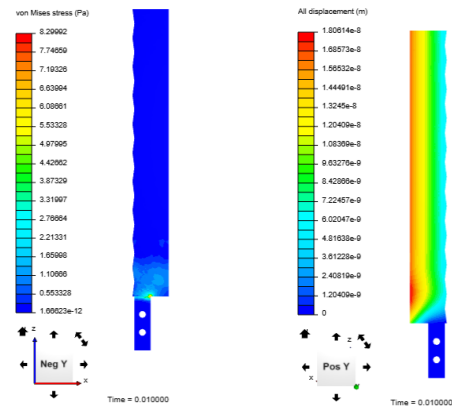
Dari hasil perhitungan nilai gaya yang akan digunakan dalam proses pemasangan data dalam proses simulasi dalam force digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan *stress* dan *displacement*.

## HASIL DAN DISKUSI

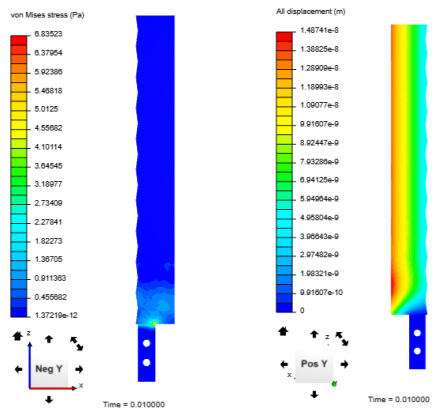
Dari hasil pengujian didapatkan hasil simulasi distribusi tegangan *stress* dan *displacement* menggunakan software *simscale*



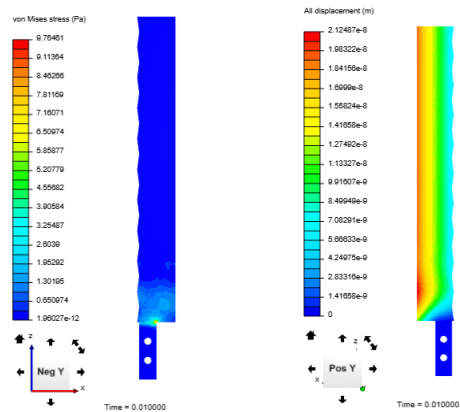
Gambar 2. Simulasi kecepatan angin 10 m/s.



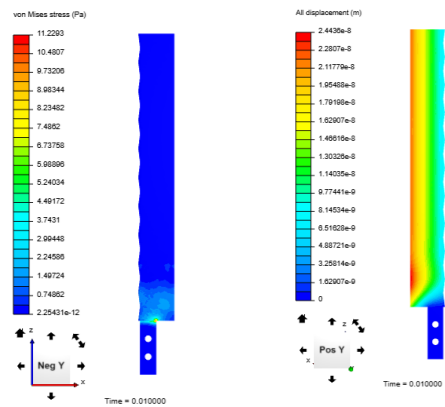
Gambar 4. Simulasi kecepatan angin 12 m/s.



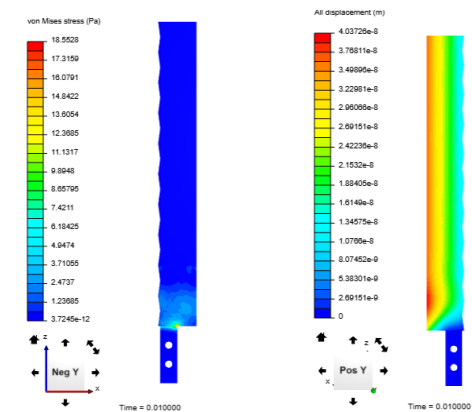
Gambar 3. Simulasi kecepatan angin 11 m/s.



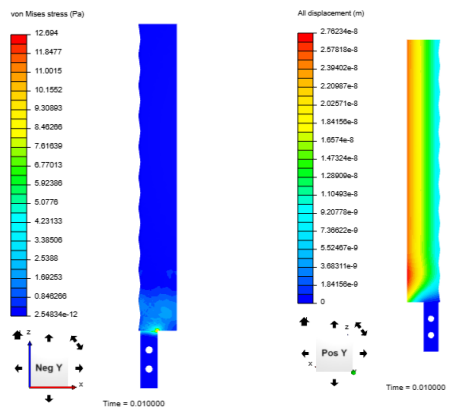
Gambar 5. Simulasi kecepatan angin 13 m/s.



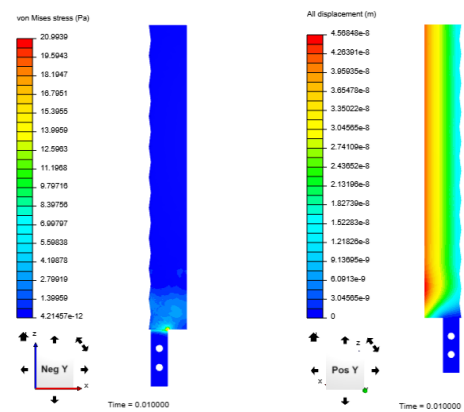
Gambar 6. Simulasi kecepatan angin 14 m/s.



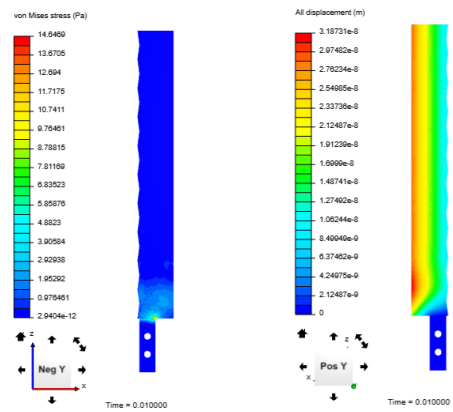
Gambar 10. Simulasi kecepatan angin 18 m/s.



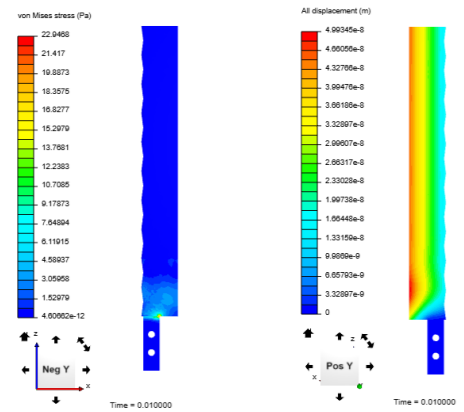
Gambar 7. Simulasi kecepatan angin 15 m/s.



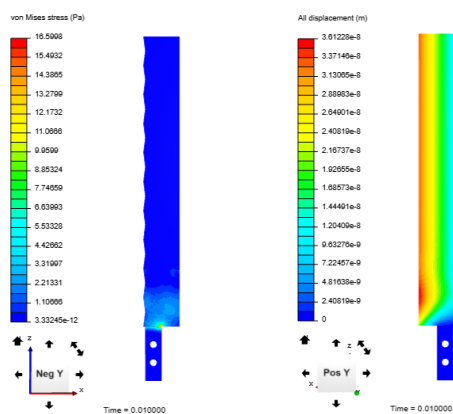
Gambar 11. Simulasi kecepatan angin 19 m/s.



Gambar 8. Simulasi kecepatan angin 16 m/s.



Gambar 12. Simulasi kecepatan angin 20 m/s.

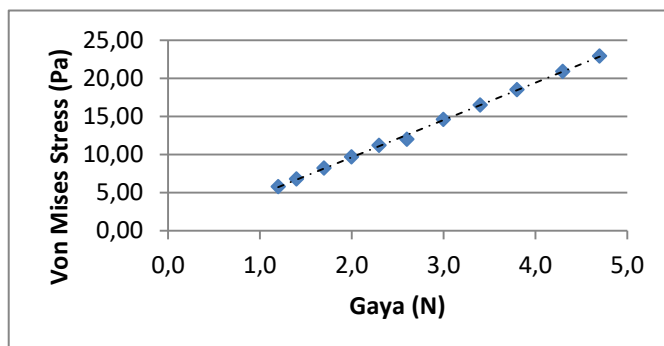


Gambar 9. Simulasi kecepatan angin 17 m/s.

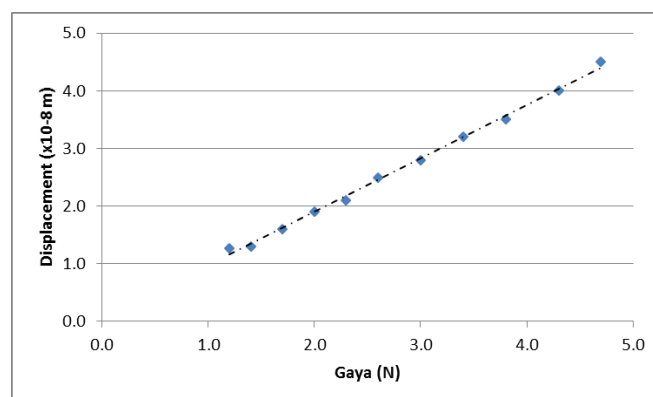
Hasil diperoleh untuk satu bilah sudu turbin angin sudu horizontal dengan 10 gerigi. Dengan kecepatan yang berbeda mempengaruhi nilai tegangan *stress* dan *displacement*. Disetiap kecepatan angin dengan nilai gaya yang berbeda didapatkan nilai minimum sampai dengan nilai maksimum. Dalam hasil simulasi ditunjukkan dengan menggunakan kotur warna yang diartikan dalam setiap warna menunjukkan kenaikan tingkat *stress* pada

area warna biru tua yaitu area yang memiliki tingkat stress paling rendah kemudian warna biru muda hijau dan kuning berada tingkat stress sedang hingga warna merah dengan tingkat stress paling tinggi.

Dari hasil yang di dapatkan diketahui bahwa tegangan *stress* maksimum terjadi secara umum pada daerah penyambung antara sudu dan pegangan rotor. Stress yang di alami pada bagian depan dan belakang berbeda pada bagian belakang tingkat stress lebih besar dapat dilihat pada penyebaran warna merah lebih banyak. Sedangkan *displacement* terjadi secara umum pada daerah samping sudu yang memiliki dimensi lebih kecil atau tipis, sedangkan nilai *displacement* maksimum terjadi pada daerah samping bagian bawah sudu yang memiliki penyebaran warna merah lebih banyak.



Gambar 13. Nilai stress maksimum



Gambar 14. Nilai *displacement* maksimum

Berdasarkan gambar 13 dan 14 sudu turbin angin horizontal dengan material Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) mengalami tingkat stress yang berbeda dengan pembebanan gaya 1.2, 1.4, 1.7, 2, 2.3, 2.6, 3, 3.4, 3.8, 4.3, 4.7 N. Semakin besar gaya yang diberikan maka stress semakin besar, dalam pengujian dihasilkan tingkat stress minimum pada gaya 1.2 N dengan nilai 5.8 Pa sedangkan nilai stress maksimum pada pembebanan gaya 4.7 N dengan nilai 22.94 Pa. Sedangkan dalam pengujian *displacement* dihasilkan nilai minimum pada gaya 1.2 N dengan nilai 1.27 m sedangkan nilai *displacement* maksimum pada pembebanan gaya 4.7 N dengan nilai 4.99 m.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian kecepatan angin 10 -20 m/s. Nilai rata-rata setiap kenaikan gaya dari 10-20 m/s yaitu 3.04 Pengaruh *von mises stress* semakin besar kecepatan angin yang dihasilkan semakin besar dan sebaliknya nilai *von mises stress* kecil jika kecepatan angin kecil. Pada gaya 1.2 N nilai *stress* maksimum 5.8 Pa, pada gaya 4.7 N hasil *stress* maksimum 22.94. Sama halnya seperti hasil *von mises stress*, nilai *displacement* semakin besar jika nilai kecepatan angin semakin besar. Pada gaya 1.2 N nilai *displacement* 1.27 m, pada gaya 4.7 N hasil *displacement* 4.99 m. Dari data yang di diperoleh dapat dilihat pada sifat mekanik ABS masih dibawah batas aman untuk digunakan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin-Universitas Pamulang dan Pusat Penelitian Fisika-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia atas dukungan dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Tjasyono, "Meteorologi Indonesia Volume I", Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012.
- [2] Y. Daryanto, "Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu," Bala PPTAGG-UPT-LAGG, April, 2007.
- [3] Akin, J. E., "Finite Elements for Analysis and Design". San Diego: Academic Press, 1994.
- [4] Acrylonitrile butadine styrene, January 18, 2011.
- [5] G. Y. Huang, Y. C. Shiah, C. J. Bai, and W. T. Chong, "Experimental study of the protuberance effect on the blade performance of a small horizontal axis wind turbine," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 147, pp. 202–211, 2015.
- [6] P. Gipe, "Wind power renewable energy for home farm and business", Chelsia Green Publication Company, White River Junction, VT, Page no. 61, 2004