

# Perancangan Konstruksi Turbin Angin di Atas *Hybrid* Energi Gelombang Laut

Musfirotul Ula, Irfan Syarief Arief, Tony Bambang  
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
*e-mail*: irfansya@its.ac.id  
*e-mail*: tobac@its.ac.id

**Abstrak**— Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Prinsip dasar kerjanya yaitu mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Turbin angin yang dirancang yaitu diatas *floating*. Maka diperlukan perancangan konstruksi turbin angin dengan dipilih tipe *Vertical Axis Wind Turbine* dengan *blade* yang sudah ada di pasaran dengan merk ‘Richuan’. Dengan spesifikasi power 5 KW, dimensi blade (4x0,6) m, jumlah *blade* 5, tinggi tower 8 m, diameter rotor 2,5 m, kecepatan laju angin 10 m / s, kecepatan angin beroperasi 3-25 m / s, dan 100 rpm. Kemudian konstruksi turbin angin akan digambarkan menggunakan *software* Solidworks dengan pembuatan pemodelan terlebih dahulu. Model yang sudah dibuat kemudian di simulasikan untuk mendapatkan hasil analisa. Beban eksternal untuk di input sebesar 655 N dan 1300 N. Dari hasil simulasi dan analisa turbin angin diperoleh hasil untuk *stress von mises* sebesar 10,583,224.00 N / m<sup>2</sup>, *displacement* sebesar 7.781 mm, *strain* maksimal yaitu sebesar 3.84126, dan *safety factor* minimal yaitu sebesar 23.62. Dapat disimpulkan perancangan konstruksi turbin angin ini aman untuk pembebanan yang sudah ditentukan.

**Kata Kunci**— *Floating, Vertical Axis Wind Turbine, Blade, Solidworks, Stress Von Mises, Displacement, Strain*

## I. PENDAHULUAN

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Prinsip dasar kerja secara umum dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Pada dasarnya sangat diperlukan pertimbangan untuk konstruksi dari turbin angin itu sendiri. Sebab kekuatan dari konstruksi sangat penting untuk menjaga agar dalam pengoperasiannya tidak terjadi permasalahan. Laut merupakan tempat yang paling efektif untuk pemanfaatan turbin angin sebagai energi hybrid gelombang laut. Karena energi angin yang ada di laut sangatlah berbeda dengan yang di darat. Kekuatan anginnya juga semakin kuat pada saat turbin angin berada di laut.

Konstruksi pada turbin angin ini nantinya akan diperhitungkan dan juga di simulasikan dengan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk simulasi turbin angin ini. Selain itu nantinya akan ditentukan berapa tinggi dan menggunakan tipe *blade* untuk turbin angin ini. Semakin kuat konstruksi dari turbin angin maka dapat mengoptimalkan kinerja dari turbin angin. Pembangunan turbin angin dapat dilakukan di tripod atau media yang lainnya. Faktor besar yang sangat mempengaruhi bagaimana bentuk dari konstruksi turbin angin yaitu kekuatan angin dan juga aliran gelombang yang tidak bisa stabil dan hanya dapat dilakukan dengan pamantauan keadaan yang akan dilakukan pemasangan turbin angin atau dapat juga dengan mensimulasikan sedemikian hingga agar dapat menyerupai kondisi seperti kenyataannya. Hasil yang diharapkan yaitu agar dapat memberikan gambaran bagaimana seharusnya konstruksi dari turbin angin yang sesuai dan dapat beroperasi dengan optimal.

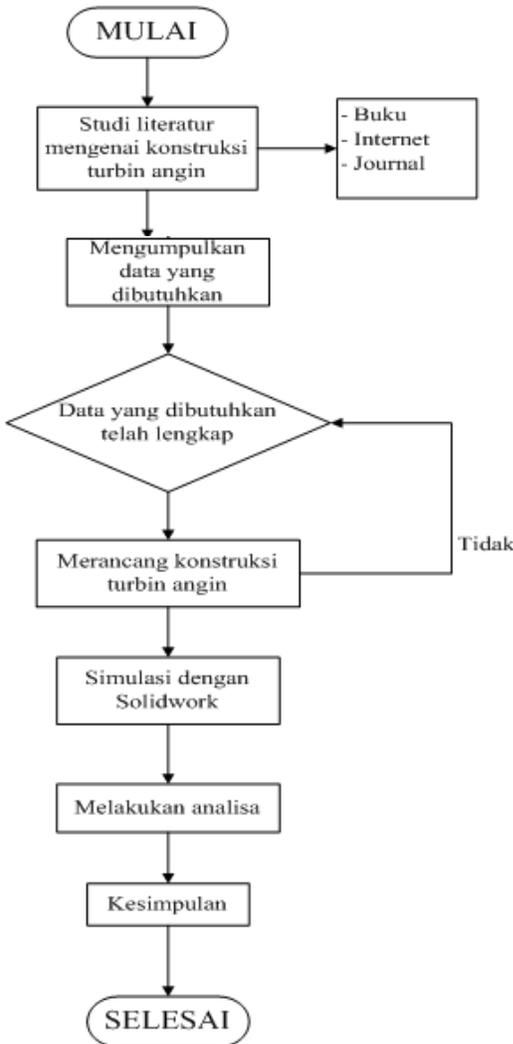
Pada perancangan ini akan diuji atau di simulasikan dengan menggunakan *software* “Solidwork”. Atas dasar itu penulis mengangkat judul “Perancangan Konstruksi Turbin Angin Diatas Hybrid Energi Gelombang Laut”. Diharapkan dari perancangan ini dapat menjadi pertimbangan untuk mendesain konstruksi turbin angin yang sesuai.

## II. TUJUAN

1. Untuk merancang konstruksi dari turbin angin.
2. Mengetahui respon sistem dari rancangan turbin angin dengan menggunakan *Solidwork*.

III. METODOLOGI

Metodologi Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Tugas Akhir

Penjelasan lengkap tentang Metodologi dapat dilihat pada buku Tugas Akhir penulis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Ukuran Turbin Angin

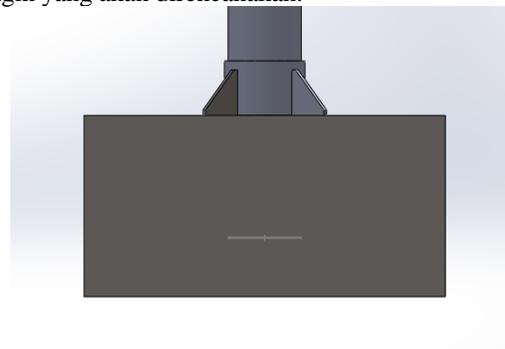
Dari data yang sudah didapatkan untuk merancang konstruksi turbin angin, kemudian dilakukan penggambaran dengan menggunakan Solidwork. Sebelumnya sudah ditentukan untuk jenis *blade* yang akan digunakan yaitu sebagai berikut :

- Tipe turbin angin : VAWT
- Merk : Richuan
- Jenis *floating* : *Semi submersible*
- Power : 5 KW
- Dimensi *blade* : (4 x 0,6) m
- Jumlah *blade* : 5
- Tinggi tower : 8 m

- Rpm : 100
- Diameter rotor : 2,5 m
- Kecepatan laju angin : 10 m/s
- Kec. angin beroperasi : 3-25 m/s

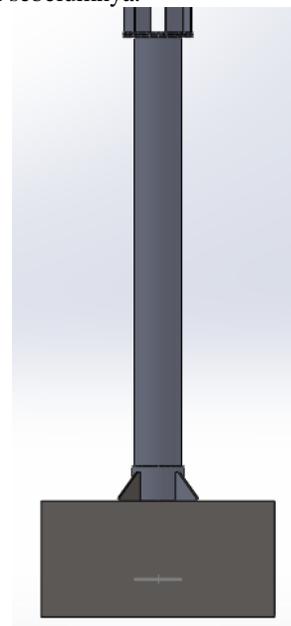
B. Pembuatan Model

Dari data yang sudah ada maka untuk *blade* dari turbin angin ini hanya digambarkan permodelan dengan asumsi sebagai pelat *strip* bukan *foil* tetapi pada kondisi sebenarnya bentuk *blade* yaitu *foil* dengan mempertimbangkan aerodinamis dari turbin angin itu sendiri. Sedangkan untuk penggambaran bentuk *blade* yang *foil* dapat dilakukan dengan menggunakan *software* lain. Jadi disini hanya dibuat untuk asumsi dari penggambaran perancangan untuk melengkapi desain turbin angin ini. Penggambaran model yang pertama yaitu pada bagian pondasi dari turbin angin yang berada di atas *deck* dari suatu *floating*. Berikut adalah model dari pondasi turbin angin yang akan direncanakan.



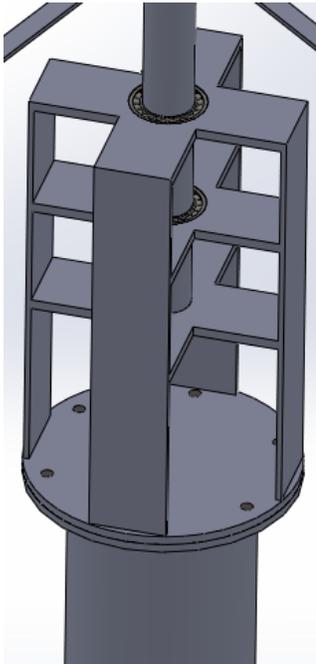
Gambar 2. Pondasi Turbin Angin

Setelah pondasi sudah selesai digambarkan kemudian dilanjutkan dengan tower untuk turbin angin yang dimensinya sudah ditentukan sebelumnya.



Gambar 3. Tower turbin angin

Diatas tower dibuatkan konstruksi untuk penguatan dari baling-baling di atasnya. Poros yang berhubungan langsung dengan generator harus diperkuat dengan konstruksi pelat yang akan direncanakan oleh penulis. Sedangkan untuk baling-baling harus didukung dengan adanya *bearing*. Untuk meminimalkan getaran dari putaran baling-baling yang berada di atasnya. Dibuatkan 2 buah *bearing* yang menggunakan standart ISO dengan diameter poros yang sudah ada di pasaran.



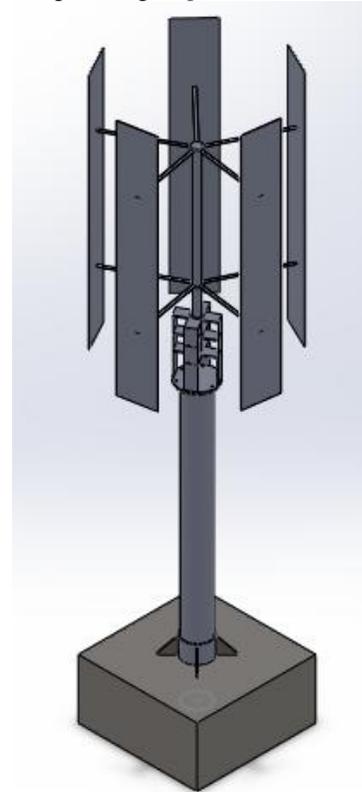
Gambar 4. Konstruksi genset

Baling-baling yang dibuat hanya asumsi dengan menggunakan pelat sebanyak 5 buah. Ukuran baling-baling sudah ditetapkan berdasarkan mengambil data dari pasaran untuk baling-baling yang dijual. Dengan tipe *Vertical Axis Wind Turbine* maka bentuk dari baling-baling ini searah dengan sumbu *vertical* yang artinya segaris dengan tower turbin angin. Yang kemudian dihubungkan langsung dengan pelat untuk berhubungan langsung dengan porosnya sehingga dapat berputar. Baling-baling yang dibuat tidak berbentuk foil karena pada bagian ini hanya diasumsikan dengan pelat strip yang seperti lempengan pelat persegi panjang.



Gambar 5. Blade turbin angin

Setelah semua model sudah dibuat kemudian langkah selanjutnya yaitu penggabungan dari 2 komponen yang sudah dibuat yang pada Solidwork dinamakan proses *assembly*. Tower yang sudah jadi kemudian digabungkan dengan *blade* yang sudah dibuat pada bagian *part*.



Gambar 6. Assembly turbin angin

C. Simulasi Solidwork

Setelah dilakukan pembuatan model yang sudah digabungkan menjadi satu seperti diatas maka langkah selanjutnya yaitu melakukan simulasi dengan Solidwork. Adapun proses untuk running konstruksi turbin angin adalah sebagai berikut:

a. Pemilihan material

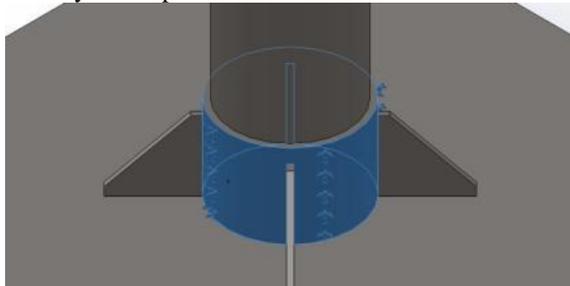
Sebelum dilakukan simulasi maka harus ditentukan terlebih dahulu untuk jenis material yang akan digunakan. Pada Solidwork sudah terdapat spesifikasi untuk berbagai jenis material yang sudah disediakan. Apabila material yang diinginkan tidak terdapat pada Solidwork maka harus memasukkan data-data material yang diperlukan untuk dapat dilakukan proses simulasi.

Tabel 1. Spesifikasi material

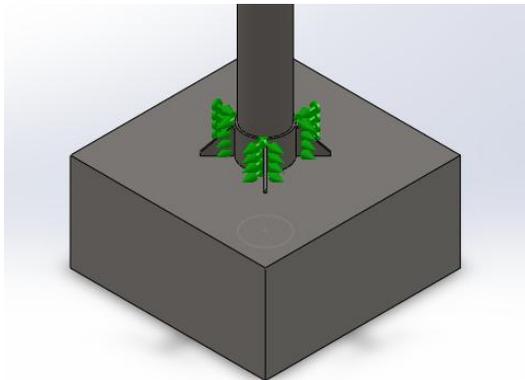
Standar	Grade	Mechanical Properties		
		Tensile Test		
		Yield Strength (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation (%)
ASTM A 36	A 36	≥ 250	400-550	≥ 23

b. Pemilihan *Fixture*

Pada perancangan turbin angin ini ditentukan jepit (*fixture*) pada model saat akan dilakukan simulasi. Pada Solidwork terdapat banyak macam untuk *fixture*. Untuk perancangan turbin angin ini dipilih *fixed geometry* yang ditempatkan pada pondasi pada turbin angin. Sebab nantinya yang akan dilakukan analisa statis yaitu pada bagian pondasi turbin angin. Apakah konstruksi tersebut sudah dapat menahan beban yang ada di atasnya dan apakah memenuhi atau tidak.



Gambar 7. Fixed 1



Gambar 8. Fixed 2

c. *Eksternal Load*

Penentuan gaya yang bekerja pada turbin angin untuk dilakukan simulasi yaitu terlebih dahulu menghitung gaya sentripetal yang terjadi pada salah satu *blade*. Untuk gaya gravitasi juga ditambahkan pada konstruksi ini. Berikut adalah rumus untuk mencari gaya sentripetal.

$$F = m \cdot a_s$$

$$a = \frac{V^2}{r}$$

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$100 = \frac{V}{1250}$$

$$\frac{100}{60} = \frac{V}{1250}$$

$$V = \frac{125000}{60}$$

$$= 2083,3 \text{ mm/s}$$

$$= 2,0833 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{2,0833^2}{1,25}$$

$$= 3,472 \text{ m/s}^2$$

$$m = (p \times l \times t) \times \rho$$

$$= (4 \times 0,6 \times 0,01) \times 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,024 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3$$

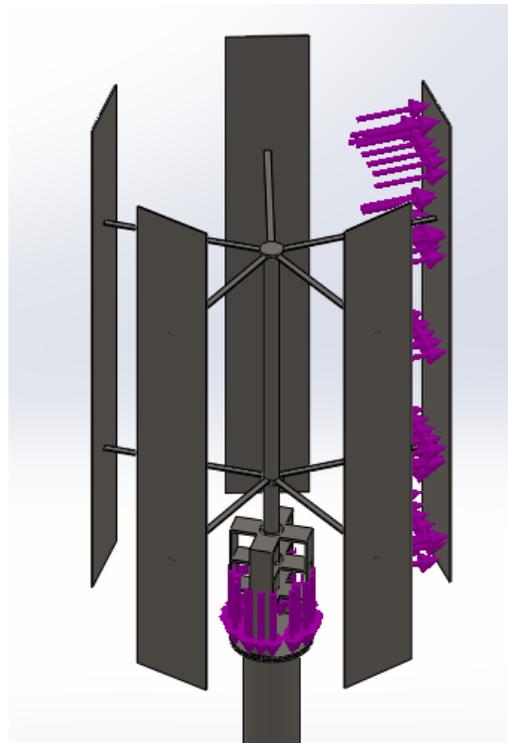
$$= 188,4 \text{ kg}$$

$$F = 188,4 \times 3,472$$

$$= 654,125 \text{ N}$$

$$= 655 \text{ N}$$

Jadi gaya atau beban yang akan diberikan pada satu baling-baling yaitu sebesar 655 N yang akan didistribusikan merata pada baling-baling turbin angin yang sudah di buatkan model.



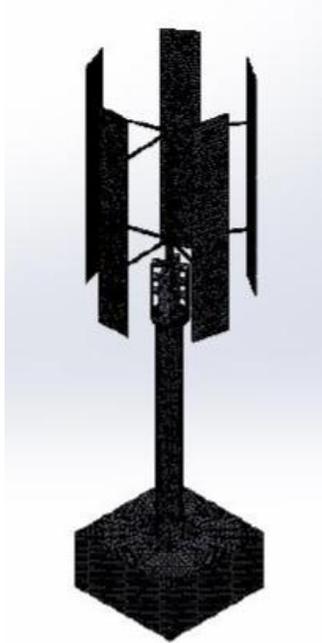
Gambar 9. Force 1 dan 2

Sedangkan untuk beban yang mengarah kebawah yaitu dipengaruhi oleh berat dari genset yang nantinya akan terpasang di bagian atas konstruksi turbin angin. Gaya yang diberikan sebesar 1300 N.

d. Proses *Meshing*

Untuk proses *mesh* merupakan pembagian titik-titik dimana akan terdapat ukuran yang dapat diatur sesuai yang diinginkan. Semakin kecil ukuran dari *mesh*, maka hasil analisisnya semakin mendekati kebenaran dan begitupun sebaliknya. Pada perancangan turbin angin ini untuk ukuran *mesh* yaitu 173 mm. Bentuk untuk *mesh* pada benda seperti jaring-jaring yang melingkupi semua bagian yang ada pada benda. Setelah *mesh*

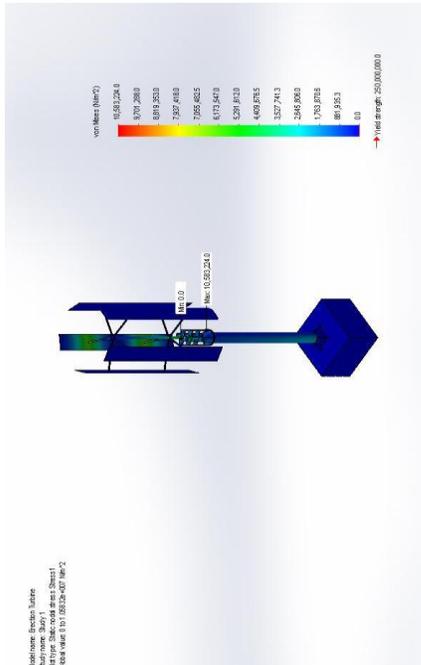
sudah bisa dilakukan, maka proses *running* sudah dapat dilakukan apabila data yang di input kan sudah benar.



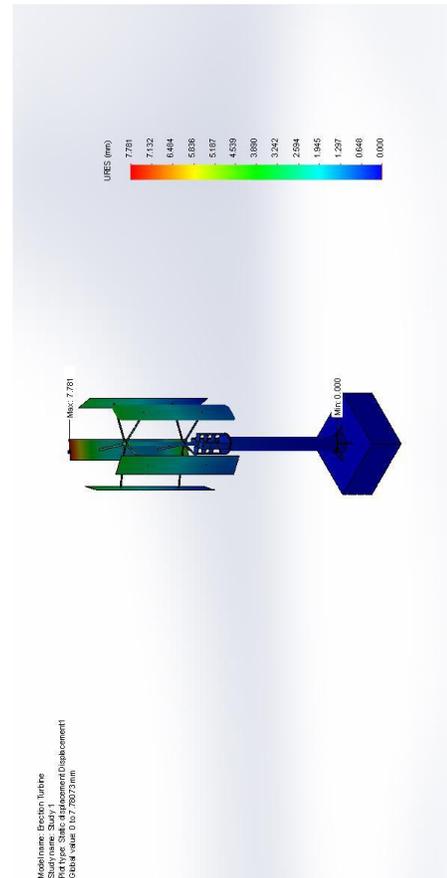
Gambar 10. Meshing

D.Hasil dari Simulasi

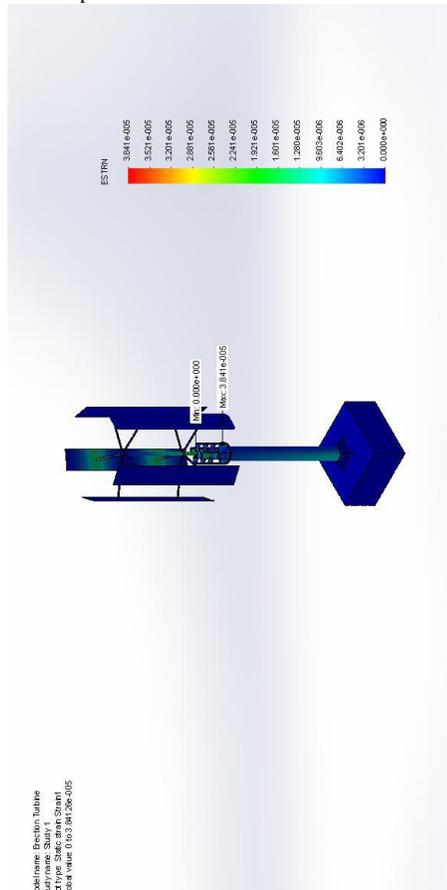
Setelah proses *running* selesai, maka akan keluar hasil dari simulasi turbin angin tersebut. Untuk hasil dari simulasi diantaranya adalah *stress von mises*, *displacement*, *strain* dan *safety factor*. *Stress analysis* ini akan menunjukkan bagian mana yang terkena pembebanan paling besar dan terkecil. Daerah tersebut akan ditandai dengan perbedaan warna yang terlihat pada benda. Terdapat kisaran warna yang sudah didetailkan pada sisi samping benda. Jadi bagian warna tersebut terdapat nilai-nilai yang nantinya akan terbaca pada hasil simulasi.



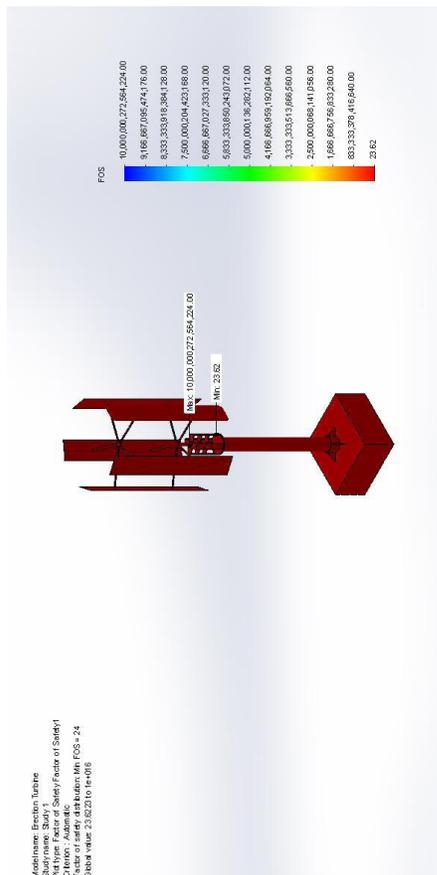
Gambar 11. Hasil stress von mises



Gambar 12. Hasil displacement



Gambar 4.17 Hasil strain



Gambar 4.19 Hasil factor of safety

Dari hasil running turbin angin yang sudah dilakukan dapat diketahui beberapa hasil untuk *stress von mises* sebesar  $10,583,224.00 \text{ N/m}^2$ , *displacement* sebesar  $7.781 \text{ mm}$ , *strain* maksimal yaitu sebesar  $3.84126$ , dan *safety factor* minimal yaitu sebesar  $23.62$ .

## V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari perancangan konstruksi turbin angin yang kemudian di simulasi dan di analisa menggunakan *software* Solidwork yang telah dilakukan oleh penulis maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Tegangan (*stress von mises*) yang terjadi pada konstruksi turbin angin yang sudah di simulasi menghasilkan nilai sebesar  $10,583,224.00 \text{ N/m}^2$ .
2. Untuk regangan (*strain*) maksimal dari konstruksi turbin angin didapatkan nilai dari hasil simulasi sebesar  $3.84126$ .
3. Untuk hasil *displacement* sebesar  $7.781 \text{ mm}$ . *Displacement* merupakan batas deformasi yang didapatkan dari suatu bentuk benda.
4. Sedangkan untuk hasil dari *safety factor* minimal yaitu sebesar  $23.62$  yang artinya konstruksi tersebut aman dengan pembebanan yang sudah ditentukan.
5. Jadi secara garis besar konstruksi turbin angin ini dapat dikatakan aman setelah dilakukan proses simulasi dengan Solidwork.

## Saran

Hasil dari perancangan konstruksi turbin angin yang sudah dilakukan simulasi dan analisa dengan Solidwork ini penulis memberikan beberapa saran.

1. Perlu dilakukan analisa lebih lanjut dengan memberi pembebanan yang bervariasi atau ditambahkan.
2. Dapat di variasikan kembali dengan menggunakan blade dengan jenis *Horizontal Axis Wind Turbine*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Guidelines for Design of Wind Turbines Second Edition*. (2002), DNV / Rise press, Copenhagen, Denmark.
- [2] Bagbanci, Hasan. (2011), *Dynamic Analysis of Offshore Floating Wind Turbin*, Instituto Superior Tecnico.
- [3] D. Cook, Robert. (1989), *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, University of Wisconsin-Madison.
- [4] Dan B. Marghitu. (2001), *Mechanical Engineer's Handbook*, Academy Press, USA.
- [5] Ghulamz. 2012. Solidwork 3D CAD. Diambil dari <http://ghulamzoldies.wordpress.com>. Terakhir diakses tanggal 16 Juni 2014.