

STRESS ANALYSIS PADA HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE BLADE

Achmad Rachmad Tullah¹⁾, Made K. Dhiputra²⁾ dan Soeharsono³⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, Jakarta

²⁾ Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta

³⁾ Jurusan Teknik Mesin, Universitas Trisakti, Jakarta

e-mail: achmad0170@yahoo.com

Abstract: Nowadays wind turbine is used widely in many countries as power plant. When the wind turbine blade rotates there will be aerodynamic forces acting on the blade such as drag, lift, weight and centrifugal forces. When designing wind turbine blade it is necessary to test whether the blade can withstand the aerodynamic forces or not. Stress analysis is a feature that can predict stress acting on construction. Nowadays there are many stress analysis softwares that can be used to predict stress. In this research the stress analysis will be used by using autodesk inventor. The research purposes are to find the stress acting on the wind turbine blade and to get the maximum stress location.

Keywords: Stress analysis, horizontal axis wind turbine blade

PENDAHULUAN

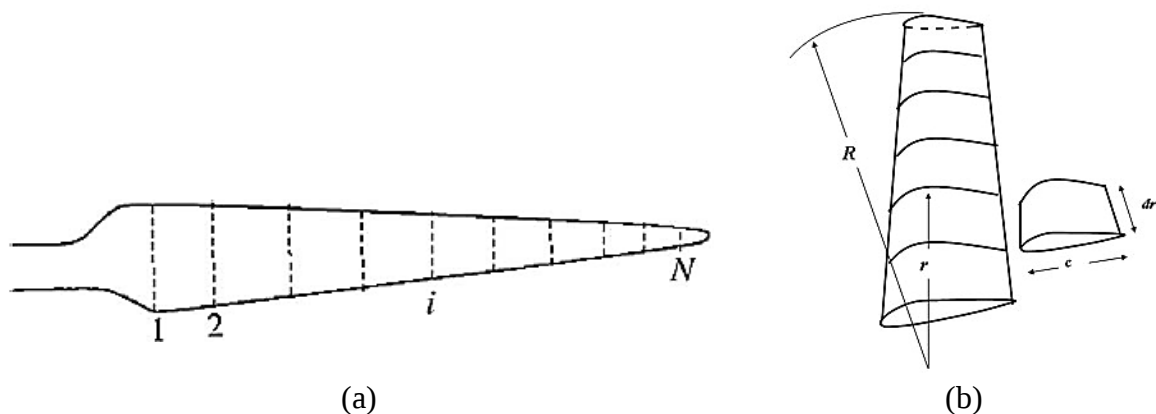
Turbin angin merupakan salah satu konstruksi yang cukup banyak digunakan di berbagai negara sebagai penghasil tenaga listrik. Turbin angin menghasilkan listrik dengan cara menangkap energi kinetik yang terdapat pada angin, dimana energi kinetik tersebut kemudian menyebabkan baling-baling berputar dan memutar *generator*.

Ketika baling-baling turbin berputar maka gaya-gaya aerodinamik seperti gaya *lift*, dan *drag* serta gaya berat dan sentrifugal akan bekerja pada baling-baling tersebut. Dalam perancangan baling-baling turbin sangat penting untuk dilakukan perhitungan kekuatan untuk memastikan agar baling-baling tersebut dapat menahan gaya aerodinamik pada saat baling-baling tersebut berputar.

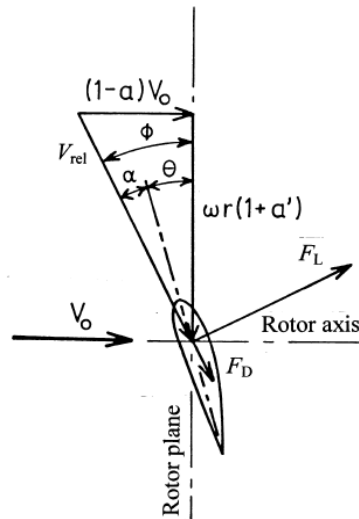
Perhitungan kekuatan dapat dilakukan dengan banyak cara seperti pengujian langsung (*field testing*), ataupun dengan menggunakan perangkat lunak. Saat ini seiring dengan meningkatnya perkembangan teknologi menyebabkan perhitungan kekuatan dapat dilakukan dengan mudah tanpa harus melakukan pengujian langsung. Perhitungan kekuatan dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak yang dapat melakukan *stress analysis*.

Tujuan penelitian adalah untuk melakukan analisis kekuatan terhadap baling-baling turbin dan mencari posisi tegangan maksimum yang terjadi pada baling-baling. Dengan mengetahui posisi tegangan maksimum maka diharapkan agar dapat membantu memberikan informasi terhadap proses perancangan baling-baling turbin di akan datang.

Pembuatan model baling-baling dilakukan dengan menggunakan metode *blade element method* (BEM) [1]. BEM merupakan metode perancangan baling-baling turbin dimana baling-baling dibagi menjadi 10 hingga 16 bagian/elemen. Dari masing-masing elemen tersebut kemudian masing-masing elemen akan dirancang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.



Gambar 1. Skema pembagian elemen pada BEM [1]



Gambar 2. Skema komponen kecepatan pada BEM [2]

METODE PENELITIAN

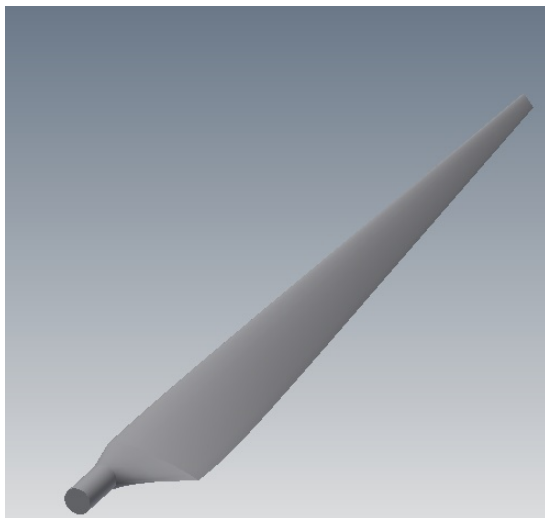
Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak *Autodesk inventor 2012 student version* untuk melakukan pengujian kekuatan. Pengujian kekuatan dilakukan dengan menggunakan fitur *stress analysis* yang terdapat pada *autodesk inventor 2012*. Jenis baling-baling yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *horizontal axis wind turbine blade* dengan bahan aluminum 6061. Pada penelitian ini baling-baling turbin secara keseluruhan dibuat *solid*. Baling-baling turbin yang digunakan pada penelitian ini dirancang dengan menggunakan metode *blade element method*. Perhitungan gaya tangensial, dan gaya normal dilakukan dengan menggunakan *blade element method*.

Tabel 1. Spesifikasi baling-baling turbin

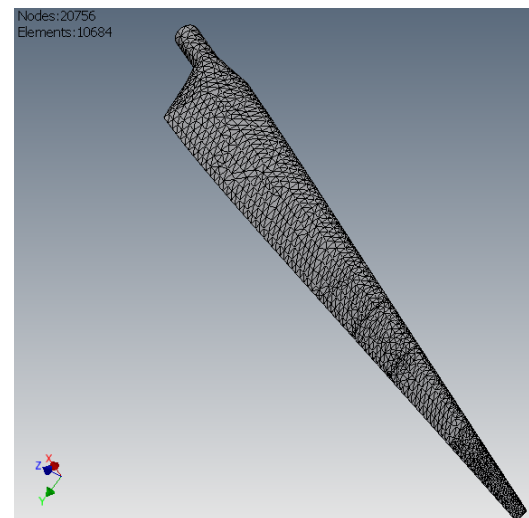
r/R	r	c	θ
0,157303	0,28	0,18	40,3
0,213483	0,38	0,17	32,6
0,269663	0,48	0,16	26,7
0,325843	0,58	0,15	22,1
0,382022	0,68	0,14	18,5
0,438202	0,78	0,13	15,7
0,494382	0,88	0,12	13,4
0,550562	0,98	0,11	11,6
0,606742	1,08	0,1	10,1
0,662921	1,18	0,09	8,8
0,719101	1,28	0,08	7,8
0,775281	1,38	0,07	6,9
0,831461	1,48	0,06	6,1
0,88764	1,58	0,05	5,3
0,94382	1,68	0,04	4,6
1	1,78	0,03	3,9

Tabel 2. Parameter *stress analysis*

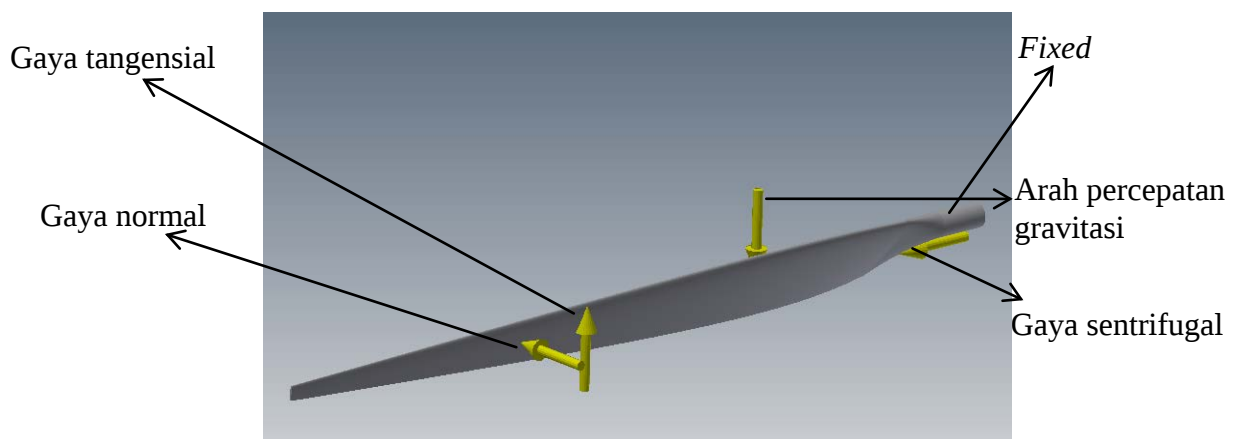
Tipe simulasi	<i>Single point</i>
<i>Average element size</i>	0,01 mm
<i>Minimum element size</i>	0,01 mm
<i>Safety factor</i>	Berdasarkan <i>yield strength</i>
Bahan	Aluminum 6061
<i>Max. Yield strength</i>	2,75 E+08 pa
Gaya sentrifugal	4056,602 N
Percepatan gravitasi	9,8 m/s ²
Gaya tangensial	6,686 N
Gaya normal	22,745 N
Jumlah titik (<i>nodes</i>)	20756
Jumlah elemen	10684



Gambar 3. Bentuk 3D baling-baling turbin



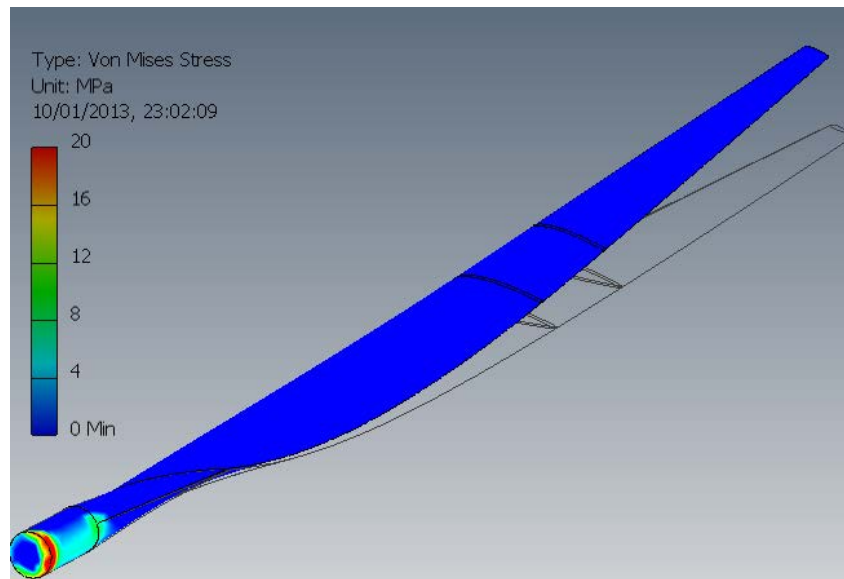
Gambar 4. Mesh pada baling-baling turbin



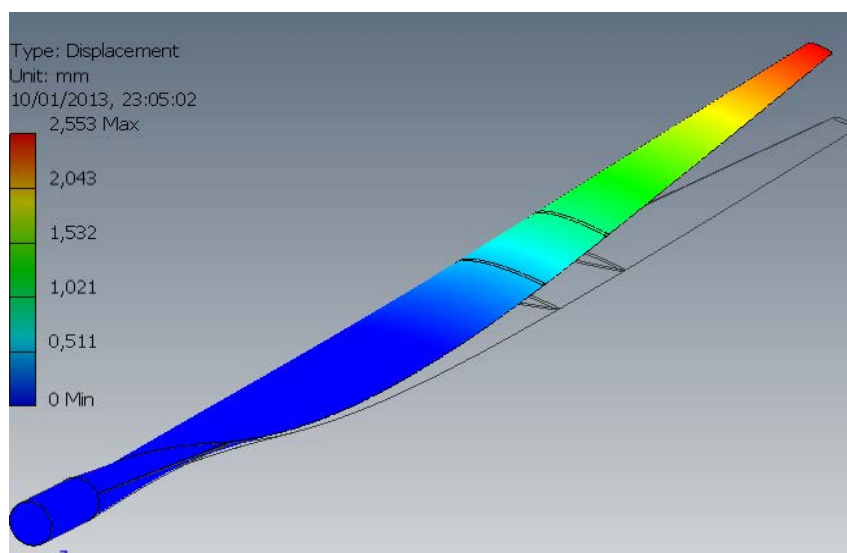
Gambar 5. Skema gaya pada baling-baling turbin

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian kekuatan dilihat dari *von mises stress*, hal ini dikarenakan hasil *von mises stress* sesuai digunakan untuk menganalisa kekuatan pada benda yang bersifat *ductile*[3]. Dari hasil analisis kekuatan pada Gambar 6 didapatkan hasil bahwa beban terbesar terjadi pada bagian ujung baling-baling. Hal ini disebabkan karena bagian ujung baling-baling merupakan tumpuan yang akan menahan beban pada baling-baling. Besarnya tegangan pada ujung sebagian besar disebabkan oleh besarnya gaya sentrifugal yang dialami oleh baling-baling pada saat turbin berputar.



Gambar 6. Hasil analisis kekuatan pada baling-baling turbin

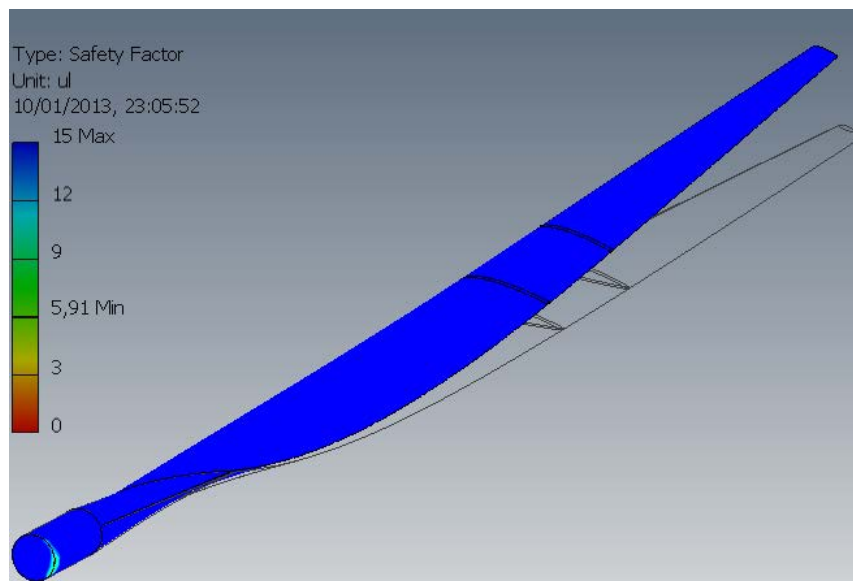


Gambar 7. Hasil analisis defleksi pada baling-baling turbin

Dari hasil analisis defleksi pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa defleksi terbesar terjadi pada ujung baling-baling turbin. Fenomena ini memiliki kesamaan dengan fenomena batang kantilever dimana ujung baling-baling akan berfungsi sebagai penahan. Pada perancangan turbin angin, defleksi merupakan hal yang harus diperhatikan agar baling-baling tidak akan mengenai tiang turbin pada saat baling-baling berputar. Pada putaran yang tinggi, defleksi yang besar dapat menyebabkan baling-baling mengenai tiang dan dapat mengakibatkan kerusakan permanen pada baling-baling turbin.

Dari hasil perhitungan *safety factor* pada Gambar 8, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan besarnya *safety factor* yang bekerja pada baling-baling turbin adalah 15 yang berarti bahwa besarnya tegangan yang bekerja pada baling baling turbin adalah 1/15 kali dari *yield strength* material. Besarnya *safety factor* terkecil terdapat pada bagian ujung baling-baling, hal tersebut dikarenakan bagian ujung baling-baling turbin menerima tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lain. Secara keseluruhan baling-baling turbin ini memiliki kekuatan yang cukup memadai dan aman untuk dibuat. Dari hasil penelitian ini juga dapat dilihat bahwa tegangan yang terjadi pada baling-baling turbin relatif kecil yang disebabkan oleh baling-baling yang dibuat keseluruhan secara *solid*. Baling-baling turbin yang dibuat solid secara keseluruhan memiliki daya

tahan yang baik akan tetapi umumnya memiliki beban yang relatif lebih berat. Pada kenyataannya baling-baling turbin biasanya dibuat dengan rongga/*shell* dan *spar caps* sehingga dapat mengurangi berat baling-baling turbin.



Gambar 8. Hasil perhitungan *safety factor* pada baling-baling turbin

Tabel 3. Hasil simulasi FEA pada baling-baling turbin

Tegangan maksimum (Mpa)	20
Defleksi maksimum (mm)	2,553
<i>Average safety factor</i>	15
Bahan	Aluminum 6061
<i>Max. Material yield strength</i>	2,75 E +08

KESIMPULAN

Stress analysis pada *autodesk inventor* memiliki kemampuan yang cukup baik dalam memprediksi tegangan yang terjadi pada baling-baling turbin. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa tegangan terbesar terjadi pada ujung baling-baling turbin. Baling-baling turbin yang dibuat keseluruhan secara *solid* menyebabkan gaya sentrifugal memberikan pengaruh yang paling besar dibandingkan dengan gaya-gaya lainnya. Defleksi terbesar terjadi pada bagian ujung baling-baling, fenomena defleksi yang terjadi pada baling-baling turbin memiliki kesamaan dengan fenomena defleksi yang terjadi pada batang kantilever.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hansen, Martin O.L., 2008, *Aerodynamics of Wind Turbines*, second edition, Earth scan, London.
- [2] 2002, *Guidelines for Design of Wind Turbines*, 2nd Edition, Det Norske Veritas and Risø National Laboratory, Denmark.
- [3] Khurmi, R.S., J.K. Gupta, 2005, *A Text Book of Machine Design*, Rasia Publishing House (PVT.) LTD, Ram Nagar New Delhi.