



**ANALISIS KEKUATAN BILAH TURBIN ANGIN DARRIEUS
H-ROTOR MENGGUNAKAN AIRFOIL NACA 0012**

SKRIPSI

MUHAMMAD FARENZI RAHMANTYA

1910311056

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2025



**ANALISIS KEKUATAN BILAH TURBIN ANGIN DARRIEUS
H-ROTOR MENGGUNAKAN AIRFOIL NACA 0012**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

MUHAMMAD FARENZI RAHMANTYA

1910311056

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

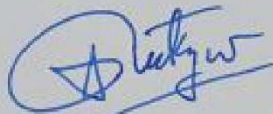
2025

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Farenzi Rahmantya
NIM : 1910311056
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS KEKUATAN BILAH TURBIN ANGIN
DARRIEUS H-ROTOR MENGGUNAKAN AIRFOIL
NACA 0012

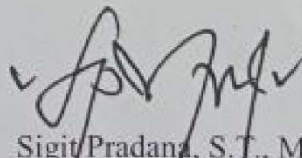
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



(Nicky Yongki Mandalan, S.T., M.T.)
Penguji Utama



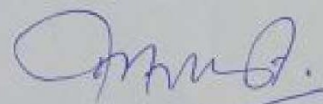
(Fitri Wahyuni, S.Si., M.Eng)
Penguji Lembaga



Sigit Pradana, S.T., M.T.
Penguji III (Pembimbing)



(Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, ST.,
MT., IPM., ASEAN. Eng)
Plt. Dekan Teknik



Ir. Fahrudin, ST., MT
Kepala Program Studi

Disahkan di : Jakarta

Pada tanggal : 17 Juli 2025

PENGESAHAN PEMBIMBING

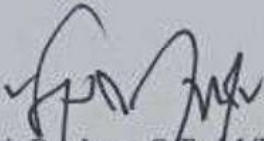
ANALISIS KEKUATAN BILAH TURBIN ANGIN DARRIEUS H-ROTOR MENGUNAKAN AIRFOIL NACA 0012

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Muhammad Farenzi Rahmantya

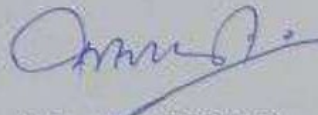
1910311056

Menyetujui,


Sigit Pradana, S.T., M.T.
Pembimbing 1


Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D.
Pembimbing 2

Mengetahui,


Fahrudin, S.T., M.T.
Kaprodi Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Farenzi Rahmantlya
NIM : 1910311056
Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 17 Juli 2025

Yang Menvatakan,



(Muhammad Farenzi Rahmantlya)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Farenzi Rahmantlya
NIM : 1910311056
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Rights*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS KEKUATAN BILAH TURBIN ANGIN DARRIEUS H-ROTOR
MENGUNAKAN AIRFOIL NACA 0012

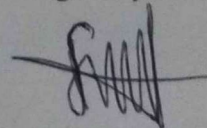
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mengaplikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 17 Juli 2025

Yang menyatakan,



(Muhammad Farenzi Rahmantlya)

ANALISIS KEKUATAN BILAH TURBIN ANGIN DARRIEUS H-ROTOR MENGUNAKAN AIRFOIL NACA 0012

Muhammad Farenzi Rahmantya

ABSTRAK

Bilah memainkan peran utama dan penting bagi turbin, termasuk pada turbin darrieus tipe H-rotor dimana harus dipastikan untuk memperoleh desain yang baik hingga optimal dalam mengeluarkan daya. Maka dari itu, penulis memutuskan memilih penelitian untuk menganalisa tegangan material dan perubahan bentuk di rancangan desain sudu turbin angin pada dua material yang berbeda. Penelitian ini diawali dengan menentukan pemodelan desain satu sampai tiga sudu, kemudian perhitungan gaya yang diterima oleh bilah dan analisa simulasi untuk menentukan material mana yang lebih baik. Metode simulasi yang digunakan hanya struktur statis dengan tiga kecepatan angin, dan daya kapasitas maksimum turbin sebesar 125 W. Setelah simulasi dilakukan pada kedua desain, sudu turbin angin darrieus berbahan alumunium lebih kuat 1.67 kali dibanding desain dengan bahan balsa. Meskipun balsa mempunyai nilai tegangan maksimum yang lebih tinggi, dengan tegangan maksimum sebesar 24,4 MPa dan daya 227,2 W pada angin 8m/s tetapi melebihi tegangan titik luluhnya yang sebesar 20 MPa dan memiliki deformasi yang cenderung besar, yakni sebesar 5,1 mm serta faktor pengaman 0,8.

Kata kunci: Turbin angin Darrieus, H-Rotor, Material bilah, Tegangan, Deformasi

ANALYSIS OF THE STRENGTH OF THE DARRIEUS H-ROTOR WIND TURBINE BLADES USING THE NACA 0012 AIRFOIL

Muhammad Farenzi Rahmantya

ABSTRACT

Blade is playing the main and important part roles of the turbine, as well as the darrieus H-rotor type which would be preconcerted to get a good design to be optimal in producing power. Therefore, the author decided to choose the study of material stress analysis and the displacement at the wind turbine blades on two different materials. This study began by determining the design modeling of one blade until three blades, then calculating the forces received by the blade and simulation analysis to determine which material is better. The simulation method used is only a statistical structure with three wind speeds, and a maximum turbine capacity of 125 W. After the simulation was done on both designs, the aluminum darrieus wind turbine blade was 1.67 times stronger than the design with balsa material. Although balsa got higher at stress value, under the maximum stress at 24.4 MPa and a power of 227.2 W at 8m/s wind but exceeds its yield point stress of 20 MPa and has a deformation that tends to be large, which is 5.1 mm and a safety factor of 0.8.

Keywords: Darrieus wind turbine, H-Rotor, Blade material, Stress, Displacement

KATA PENGANTAR

Telah dipanjatkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena telah menyalurkan rahmat dan karunia-Nya dengan begitu penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi sebagai tugas akhir yang berjudul “ANALISIS KEKUATAN BILAH TURBIN ANGIN DARRIEUS H-ROTOR MENGGUNAKAN AIRFOIL NACA 0012”

Adapun penulisan ini dilakukan agar dapat memenuhi syarat akademis dalam memperoleh gelar Strata-1 pada Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Dapat dipahami penulisan skripsi ini mampu terselesaikan dengan sebaik mungkin, hal ini tak lepas dari bimbingan, dukungan serta bantuan oleh banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung.

Kesempatan kali ini saya selaku penulis ingin memberikan terimakasih saya pada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kesehatan dan kelancaran kepada saya selaku penulis yang akhirnya bisa menyelesaikan penyusunan tugas akhir.
2. Kedua orang tua saya yang tanpa henti memberikan dukungan baik secara moril, materil, maupun doa sehingga penulis mampu berada pada titik ini.
3. Bapak Sigit Pradana S.T, M.T, sebagai dosen pembimbing 1 yang telah menyalurkan banyak saran dan masukan agar penulis mampu menyelesaikan penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Armansyah S.T., M.Sc., sebagai dosen pembimbing 2 yang telah menyampaikan arahan serta bimbingan berupa segi penulisan pada penyusunan tugas akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan angkatan tahun 2019 Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah menyalurkan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung.
6. Kepala prodi Teknik Mesin Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T., beserta seluruh jajaran dosen dan staff Fakultas Teknik yang sudah membagikan ilmu dan

pelajaran hidup kepada saya selaku penulis selama masa perkuliahan
kritikan agar penulisan tugas akhir ini dapat lebih sempurna.
Akhir kata penulis berterima kasih dan berharap laporan ini menjadi manfaat
untuk berbagai pihak.

Jakarta, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	ii
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Turbin Angin.....	5
2.1.1 Sejarah Turbin Angin.....	5
2.1.2 Jenis Jenis Turbin Angin.....	7
2.1.2.1 VAWT (Vertical Axis Wind Turbine).....	8
2.1.2.2 VAWT Darrieus tipe H-Rotor	10
2.1.3 Prinsip Kerja Turbin Angin Skala Mikro	12
2.1.4 Konstruksi Turbin Angin Skala Mikro	12
2.2 Perhitungan Gaya pada Turbin.....	14

2.2.1	Luas Sapuan Permukaan Turbin.....	14
2.2.2	Kecepatan Rotasi	14
2.2.3	Torsi.....	15
2.3	Parameter Desain Turbin Angin.....	15
2.3.1	Tip Speed Ratio (λ)	15
2.3.2	Koefisien Daya (C_p).....	17
2.4	Aspek Geometri Bilah.....	18
2.4.1	Pengertian Airfoil	19
2.4.2	NACA 0012	20
2.5	<i>Stress dan Displacement</i>	20
2.5.1	Tegangan (<i>Stress</i>)	20
2.5.2	Regangan (<i>Strain</i>).....	20
2.5.3	Teori <i>Von Mises</i>	21
2.6	<i>Safety Factor</i>	21
2.7	<i>Computer Aided Design (CAD)</i>	23
2.7.1	3D Modelling.....	24
2.8	<i>Finite Element Analysis (FEA)</i>	24
2.8.1	Tipe Elemen dan Diskritasi	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		26
3.1	Tempat Penelitian	26
3.2	Waktu Penelitian.....	26
3.3	Diagram Alir	26
3.4	Prosedur Penelitian.....	28
3.5	Spesifikasi Turbin Angin	29
3.6	Persiapan Software	29
3.7	Pemodelan Geometri 2D Airfoil	30
3.8	Simulasi.....	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Pemodelan bilah NACA 0012.....	33
4.2	Perhitungan awal.....	34
4.3	Simulasi pada sudu turbin.....	37
4.4	Simulasi tegangan <i>Von misses stress</i> pada satu sudu	37

4.5	Simulasi Turbin Darrieus tipe H-Rotor.....	38
4.5.1	Simulasi <i>von misses stress</i> turbin pada material alumunium	39
4.5.2	Simulasi <i>displacement</i> turbin pada material alumunium	41
4.5.3	Simulasi <i>von misses stress</i> turbin pada material balsa	42
4.5.4	Simulasi <i>Displacement</i> Turbin pada material balsa	44
4.6	<i>Factor of safety</i> turbin angin	45
4.6.1	<i>Factor of safety</i> pada sudu berbahan alumunium.....	45
4.6.2	<i>Factor of safety</i> pada sudu berbahan balsa.....	46
4.7	Analisis Tegangan (<i>von misses</i>) pada sudu turbin angin	47
4.8	Analisis deformasi (<i>displacement</i>) pada sudu turbin angin.....	48
4.9	Analisis Faktor Keamanan (<i>safety factor</i>) pada sudu turbin angin	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		
RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Savonius dan Darrieus	8
Tabel 2.2 Faktor Keselamatan Umum Secara Keseluruhan	21
Tabel 2.3 Faktor keselamatan untuk material	23
Tabel 3.1 Spesifikasi Turbin Angin	29
Tabel 3.2 Sifat bahan Alumunium.	31
Tabel 3.3 Sifat bahan Balsa	31
Tabel 4.1 Nilai gaya turbin Darrieus H-Rotor NACA 0012	37
Tabel 4.2 Nilai <i>safety factor</i> sudu turbin	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rancangan turbin angin pertama oleh Pou La Cour saat tahun 1891.	6
Gambar 2.2	Turbin Angin Modern	6
Gambar 2.3	Jenis Turbin Angin	7
Gambar 2.4	Jenis turbin angin vertikal	9
Gambar 2.5	Rotor Savonius	9
Gambar 2.6	VAWT Darrieus tipe H-Rotor/Giromill	10
Gambar 2.7	Vektor gaya pada H-Rotor	11
Gambar 2.8	Perbandingan TSR pada angle of attack dan azimuth	11
Gambar 2.9	Prinsip Kerja Turbin Angin Skala Mikro	12
Gambar 2.10	Komponen Turbin Angin	12
Gambar 2.11	Rancangan sederhana dari Turbin Angin	13
Gambar 2.12	Kurva/Grafik TSR dan C_p	17
Gambar 2.13	Konversi energi pada turbin angin	18
Gambar 2.14	Geometri airfoil	19
Gambar 2.15	Gambar Airfoil	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.	28
Gambar 3.2	Tampilan Solidworks 2021.	29
Gambar 3.3	Tampilan Microsoft Office Word 2019	30
Gambar 3.4	Tampilan Microsoft Office Excel 2019.	30
Gambar 3.5	Standard NACA 0012 Airfoil.	30
Gambar 3.6	Diagram Proses Simulasi.	32
Gambar 4.1	Mengambil data melalui website airfoil	33
Gambar 4.2	Menginput data ke dalam excel	33
Gambar 4.3	Menyimpan dalam bentuk file .txt	34
Gambar 4.4	Open file melalui opsi <i>curve</i>	34
Gambar 4.5	Memilih file airfoil yang sudah di isi dengan data-data koordinat.	34
Gambar 4.6	Tampak depan airfoil (front plane)	35
Gambar 4.7	Tampak sumbu x, y, z pada airfoil (isometric)	36
Gambar 4.8	<i>Standard mesh</i> pada airfoil	37
Gambar 4.9	Material Aluminium ketika di uji beban sebesar 8.05×10^3 N	38
Gambar 4.10	Material Balsa ketika di uji beban sebesar 4.8×10^3 N	38

Gambar 4.11 Profil bilah saat terkena angin.....	39
Gambar 4.12 <i>Von misses stress</i> bilah alumunium saat kecepatan angin 4m/s.....	39
Gambar 4.13 <i>Von misses stress</i> bilah alumunium saat kecepatan angin 6m/s.....	40
Gambar 4.14 <i>Von misses stress</i> bilah alumunium saat kecepatan angin 8m/s.....	40
Gambar 4.15 <i>Displacement</i> bilah alumunium yang terjadi saat angin 4m/s.	41
Gambar 4.16 <i>Displacement</i> bilah alumunium yang terjadi saat angin 6m/s.	41
Gambar 4.17 <i>Displacement</i> bilah alumunium yang terjadi saat angin 8m/s.	42
Gambar 4.18 Tegangan <i>von misses</i> bilah balsa saat kecepatan angin 4 m/s.....	42
Gambar 4.19 Tegangan <i>von misses</i> bilah balsa saat kecepatan angin 6 m/s.....	43
Gambar 4.20 Tegangan <i>von misses</i> bilah balsa saat kecepatan angin 8 m/s.....	43
Gambar 4.21 <i>Displacement</i> bilah balsa yang terjadi saat angin 4 m/s.	44
Gambar 4.22 <i>Displacement</i> bilah balsa yang terjadi saat angin 6 m/s.	44
Gambar 4.23 <i>Displacement</i> bilah balsa yang terjadi saat angin 8 m/s.	45
Gambar 4.24 <i>Standard mesh</i> tiga sudu airfoil NACA 0012	45
Gambar 4.25 Safety factor turbin material alumunium kecepatan angin 4m/s. ..	46
Gambar 4.26 Safety factor turbin material alumunium kecepatan angin 6m/s. ..	46
Gambar 4.27 Safety factor turbin material alumunium kecepatan angin 8m/s. ..	46
Gambar 4.28 Safety factor turbin material balsa kecepatan angin 4m/s.	47
Gambar 4.29 Safety factor turbin material balsa kecepatan angin 6m/s.	47
Gambar 4.30 Safety factor turbin material balsa kecepatan angin 8m/s.	47
Gambar 4.31 Diagram hasil <i>von misses stress</i> dari kedua material.	48
Gambar 4.32 Diagram perbandingan <i>displacement</i> dari kedua material.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Turbin Angin Darrieus NACA 0012	
Lampiran 2 Simulasi beban maksimum pada alumunium	
Lampiran 3 Simulasi beban maksimum pada balsa	
Lampiran 4 Simulasi von mises pada alumunium dengan angin 4 m/s.....	
Lampiran 5 Simulasi von mises pada alumunium dengan angin 6 m/s.....	
Lampiran 6 Simulasi von mises pada alumunium dengan angin 8 m/s.....	
Lampiran 7 Simulasi von mises pada balsa dengan angin 4 m/s	
Lampiran 8 Simulasi von mises pada balsa dengan angin 6 m/s	
Lampiran 9 Simulasi von mises pada balsa dengan angin 8 m/s	
Lampiran 10 Simulasi displacement pada alumunium dengan angin 4 m/s	
Lampiran 11 Simulasi displacement pada alumunium dengan angin 6 m/s	
Lampiran 12 Simulasi displacement pada alumunium dengan angin 8 m/s	
Lampiran 13 Simulasi displacement pada balsa dengan angin 4 m/s	
Lampiran 14 Simulasi displacement pada balsa dengan angin 6 m/s	
Lampiran 15 Simulasi displacement pada balsa dengan angin 8 m/s	
Lampiran 16 Simulasi Factor of Safety pada alumunium dengan angin 4 m/s	
Lampiran 17 Simulasi Factor of Safety pada alumunium dengan angin 6 m/s	
Lampiran 18 Simulasi Factor of Safety pada alumunium dengan angin 8 m/s	
Lampiran 19 Simulasi Factor of Safety pada balsa dengan angin 4 m/s	
Lampiran 20 Simulasi Factor of Safety pada balsa dengan angin 6 m/s	
Lampiran 21 Simulasi Factor of Safety pada balsa dengan angin 8 m/s	

DAFTAR SIMBOL

ρ	Massa jenis angin (kg/m^3)
v	Kecepatan (m/s^2)
l/H	Panjang/tinggi chord (m)
c	chord (m)
λ	Tip Speed Ratio
ω	Kecepatan sudut (Rad/s)
σ_{vm}	Tegangan von Mises (MPa)
T	Torsi (Nm)
σ	Tegangan (MPa)
δl	perubahan panjang benda (mm)