



REVERSE ENGINEERING ROTOR TURBIN ICEWIND TIPE CW

SKRIPSI

HANSEIBA PARSAORAN

1610311046

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2020



***REVERSE ENGINEERING* ROTOR TURBIN ICEWIND TIPE CW**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana

HANSEIBA PARSAORAN

1610311046

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

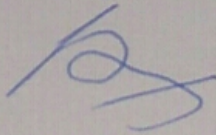
2020

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Hanseiba Parsaoran
NIM : 1610311046
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : *REVERSE ENGINEERING* ROTOR TURBIN ICEWIND
TIPE CW.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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.



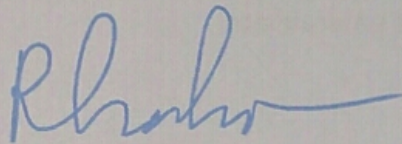
Budhi Martana, S.T., M.M.

Penguji Utama



Nur Cholis, S.T., M.Eng.

Penguji Lembaga



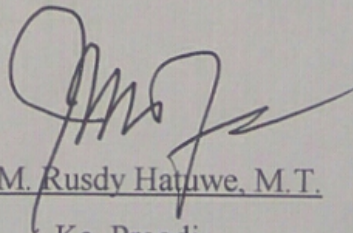
Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP.

Penguji III (Pembimbing)



Ir. Reda Rizal, M.Si.

Dekan



Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T.

Ka. Progdi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 24 – Juni – 2020

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Hanseiba Parsaoran
NIM : 1610311046
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : *REVERSE ENGINEERING* ROTOR TURBIN ICEWIND
TIPE CW.

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis berdasarkan arahan oleh dosen pembimbing dan telah diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



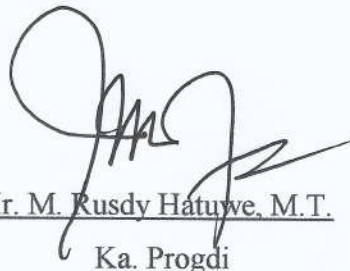
Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP.

Pembimbing I



Muhammad Arifudin Lukmana, S.T., M.T.

Pembimbing II



Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T.

Ka. Progdi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 24 – Juni – 2020

**REVERSE ENGINEERING ROTOR TURBIN ICEWIND TIPE
CW**

Hanseiba Parsaoran

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Hanseiba Parsaoran

NIM : 1610311046

Program Studi : Teknik Mesin

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

Jakarta, 8 Juli 2020

Yang menyatakan,



Hanseiba Parsaoran

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Hanseiba Parsaoran

NIM : 1610311046

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

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

“REVERSE ENGINEERING ROTOR TURBIN ICEWIND TIPE CW”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, 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 : 8 Juli 2020

Yang menyatakan,



Hanseiba Parsaoran

REVERSE ENGINEERING ROTOR TURBIN ICEWIND TIPE CW

Hanseiba Parsaoran

Abstrak

Turbin IceWind merupakan suatu inovasi turbin angin yang dikembangkan oleh sebuah perusahaan *startup* di Islandia yang bernama IceWind. Turbin angin sumbu vertikal ini diklaim mampu menghasilkan performa yang baik pada kecepatan angin rendah. Namun yang menjadi permasalahan adalah kemampuan dari rotor yang telah ada saat ini masih mungkin untuk dikembangkan lagi untuk mendapatkan performa yang lebih baik. Penelitian dilakukan dengan melakukan modifikasi terhadap jenis Rotor Turbin IceWind Konvensional yang sudah ada saat ini. Penelitian dilakukan dengan menguji pengaruh penambahan *end plate* dan pengaruh bentuk geometri *blade* pada Rotor Turbin IceWind Tipe CW. Pemodelan desain dilakukan dengan menggunakan *software* khusus desain 3D dan untuk simulasi rotor dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi aliran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan *end plate* pada rotor dapat meningkatkan performa dan beberapa jenis rotor dengan bentuk *blade* yang bervariasi menghasilkan nilai koefisien daya dan koefisien torsi yang berbeda-beda berdasarkan rentang *TSR* 0.1-0.8. Dengan penambahan *end plate* dan desain *blade* yang tepat diharapkan dapat meningkatkan performa rotor pada kecepatan angin yang rendah.

Kata kunci: Turbin IceWind, rotor, koefisien daya, koefisien torsi, *TSR*, kecepatan angin yang rendah.

REVERSE ENGINEERING ON TYPE CW ICEWIND TURBINE ROTOR

Hanseiba Parsaoran

Abstract

IceWind turbine is a wind turbine innovation developed by a startup company in Iceland called IceWind. This vertical axis wind turbine is claimed to be able to produce good performance at low wind speeds. But the problem is the ability of existing rotors is still possible to be developed further to get better performance. The study was conducted by modifying the existing types of Conventional IceWind Turbine Rotors. The study was conducted by testing the effect of the addition of end plate and the effect of the blade geometry shape on the Type CW IceWind Turbine Rotor. Design modeling is done using special 3D design software and for rotor simulation is done using flow simulation software. The test results show that the addition of end plates to the rotor can improve performance and several types of rotors with varying blade shapes produce different values of the power coefficient and torque coefficient based on the TSR range 0.1-0.8. With the addition of an end plate and proper blade design it is expected to improve rotor performance at low wind speeds.

Key Words: *IceWind turbine, rotor, power coefficient, torque coefficient, TSR, low wind speeds.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Reverse Engineering* Rotor Turbin IceWind Tipe CW”. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini akan terasa sangat sulit tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan bantuan baik secara morel maupun materiel sehingga penulis selalu termotivasi untuk melakukan penulisan skripsi ini.
- 2) Bapak Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin S-1 Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
- 3) Bapak Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Muhammad Arifudin Lukmana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang selalu menyediakan waktunya untuk memberikan bimbingan kepada penulis dalam tahap penyusunan skripsi.
- 4) Teman-teman Mahasiswa Teknik Mesin 2016, terutama Fathan Ihsan Muslim yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi dan turut mengingatkan akan *deadline* skripsi.

Penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa akan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Selain itu, penulis juga berharap skripsi ini memberikan manfaat untuk pengembangan ilmu dalam dunia pendidikan.

Jakarta, 8 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	ii
HALAMAN 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.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
 BAB 2 LANDASAN TEORI	 5
2.1 Penjelasan Mengenai Angin.....	5
2.2 Energi Angin dan Sejarah Pemanfaatannya	5
2.3 Prinsip Kerja Energi Angin.....	8
2.4 Latar Belakang Teoretis Mengenai Turbin Angin	8
2.5 Klasifikasi Jenis Turbin Angin.....	18
2.6 Turbin IceWind	25
2.7 Teori Lanjut Mengenai Turbin IceWind dan Turbin Angin Savonius	26

BAB 3 METODE PENELITIAN.....	45
3.1 Diagram Alir Penelitian	45
3.2 Penentuan Desain Rotor Turbin IceWind	46
3.3 Parameter Desain	46
3.4 Model Rotor 3D	50
3.5 Simulasi 3 Dimensi dan Pembatasan Masalah.....	52
3.6 Proses dalam Melakukan Simulasi Aliran Menggunakan <i>Software</i>	55
3.7 Hasil Simulasi Aliran	59
3.8 Analisis Data Hasil Simulasi.....	60
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	 61
4.1 Pengolahan Data.....	61
4.2 Analisis Grafik	63
4.3 Analisis Kualitatif	77
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	 90
5.1 Kesimpulan	90
5.2 Saran.....	91
 DAFTAR PUSTAKA	 92
RIWAYAT HIDUP	95
LAMPIRAN.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analisis geometri untuk turbin angin Savonius dua bilah.	32
Tabel 2.2 Pengaruh penambahan bilangan Reynolds pada performa turbin angin Savonius.....	40
Tabel 3.1 Parameter terikat untuk merancang bangun Rotor Turbin IceWind.	47
Tabel 3.2 Jumlah node dan elemen mesh pada masing-masing rotor.....	58
Tabel 4.1 Data hasil simulasi aliran yang diolah dengan software spreadsheet ...	61
Tabel 4.2 Nilai koefisien daya (C_p) pada masing-masing nilai TSR	62
Tabel 4.3 Nilai koefisien torsi (C_T) pada masing-masing nilai TSR	62
Tabel 4.4 Hasil simulasi berupa daya dan torsi beserta koefisiennya dari masing-masing model rotor berdasarkan time step ke-150 (current time step). 64	
Tabel 4.5 Hasil simulasi berupa daya dan torsi rata-rata beserta koefisiennya dari masing-masing model rotor.	65
Tabel 4.6 Hasil simulasi berupa torsi statis beserta koefisien dari Rotor Turbin IceWind Konvensional dan Rotor Turbin IceWind Konvensional + End Plate.	69
Tabel 4.7 Hasil simulasi berupa torsi statis beserta koefisien dari masing-masing rotor.	73
Tabel 4.8 Persentase peningkatan daya pada time step ke-150 (current time step); (a) Rotor Turbin IceWind Konvensional-Rotor Turbin IceWind Konvensional+End Plate (b) Rotor Turbin IceWind Konvensional-Rotor Turbin IceWind Twist 45°.	75
Tabel 4.9 Persentase peningkatan daya rata-rata; (a) Rotor Turbin IceWind Konvensional-Rotor Turbin IceWind Konvensional+End Plate (b) Rotor Turbin IceWind Konvensional-Rotor Turbin IceWind Twist 45°.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arah pergerakan angin dengan proses konveksi.	5
Gambar 2.2 Kincir angin Heron.	6
Gambar 2.3 Kincir horizontal Persia.	7
Gambar 2.4 Skema aliran fluida melalui aktuator berbentuk disk. Untuk fluida dengan densitas konstan, luas penampang bervariasi berbanding terbalik dengan kecepatan.	10
Gambar 2.5 Gambaran sederhana dari dua molekul udara yang menunjukkan mengapa turbin angin tidak dapat benar-benar berjalan dengan efisiensi 100%.	10
Gambar 2.6 Grafik efisiensi dari berbagai jenis turbin angin.	14
Gambar 2.7 Kurva daya tipikal dari turbin angin yang diatur oleh pitch.	15
Gambar 2.8 Grafik variabilitas kurva daya dengan intensitas turbulensi.	18
Gambar 2.9 Konsep turbin angin lift-based.	19
Gambar 2.10 Operasi dari turbin angin sumbu vertikal Darrieus.	22
Gambar 2.11 Turbin angin sumbu vertikal (Darrieus) tertinggi di dunia, di Cap-Chat, Quebec.	23
Gambar 2.12 Turbin Darrieus H-Rotor tiga bilah.	24
Gambar 2.13 Konsep turbin angin drag-based.	25
Gambar 2.14 Turbin IceWind.	26
Gambar 2.15 Skema Rotor Savonius satu tingkat.	29
Gambar 2.16 Tampak atas pada Rotor Savonius.	30
Gambar 2.17 Geometri rotor dan bucket.	31
Gambar 2.18 Rotor Turbin IceWind dua bilah.	33
Gambar 2.19 Rotor Turbin IceWind tiga bilah.	34
Gambar 2.20 Rotor Turbin IceWind yang dipasang terbalik.	34
Gambar 2.21 Rotor Turbin IceWind dua tingkat dua bilah yang sejajar (2CW). .	35
Gambar 2.22 Rotor Turbin IceWind dua tingkat dua bilah dengan orientasi tegak lurus (2CW90).	35
Gambar 2.23 Rotor Turbin IceWind RW.	36

Gambar 2.24 Variasi daya mekanik dengan kecepatan angin untuk rotor dengan dan tanpa end plate.	37
Gambar 2.25 Rotor Turbin IceWind dua bilah yang dipasang terbalik dengan dua end plate.	37
Gambar 2.26 Pengaruh sudut busur blade pada koefisien daya, koefisien torsi dan koefisien torsi statis pada bilangan Reynolds 150.000.	38
Gambar 2.27 Efek dari sudut busur lingkaran blade θ pada koefisien daya untuk model satu tingkat.	39
Gambar 2.28 Profil Elliptical.	41
Gambar 2.29 Hasil pengujian yang dilakukan oleh Alom dan Saha secara numerik dan eksperimental.	42
Gambar 2.30 Rotor dengan bilah puntir dan profil atas dan bawah.	42
Gambar 2.31 Rotor Savonius heliks.	43
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.	45
Gambar 3.2 Parameter khusus Profil Blade Rotor Turbin IceWind Konvensional.	48
Gambar 3.3 Parameter khusus Profil Blade Rotor Turbin IceWind Konvensional modifikasi (OR 112°).	48
Gambar 3.4 Parameter khusus Profil Blade Rotor Turbin IceWind Elliptical.	49
Gambar 3.5 Parameter khusus Profil Blade Rotor Turbin IceWind Twist 45°	50
Gambar 3.6 Rotor Turbin IceWind Konvensional; (a) Tampilan isometrik (b) Tampak atas.	50
Gambar 3.7 Rotor Turbin IceWind konvensional dengan penambahan end plate; (a) Tampilan isometrik (b) Tampak atas.	51
Gambar 3.8 Rotor Turbin IceWind Konvensional dengan overlap dan modifikasi blade arc angle; (a) Tampilan isometrik (b) Tampak atas.	51
Gambar 3.9 Rotor Turbin IceWind dengan profil Elliptical; (a) Tampilan isometrik (b) Tampak atas.	52
Gambar 3.10 Rotor Turbin IceWind Twist 45° dengan Profil Twist 45°; (a) Tampilan isometrik (b) Tampak atas.	52
Gambar 3.11 Salah satu luas sapuan (swept area) pada Rotor Turbin IceWind yang diuji.	54

Gambar 3.12 Tahapan-tahapan yang dijalankan selama proses simulasi rotor. ...	55
Gambar 3.13 Bentuk rotor untuk proses simulasi aliran.....	56
Gambar 3.14 Bentuk stator untuk proses simulasi aliran.....	56
Gambar 3.15 Contoh hasil meshing pada rotor.....	57
Gambar 3.16 Contoh hasil meshing pada stator.....	57
Gambar 3.17 Domain analisis utama.	58
Gambar 4.1 Grafik nilai C_p terhadap TSR pada Rotor Turbin IceWind Elliptical	63
Gambar 4.2 Grafik nilai C_T terhadap TSR pada Rotor Turbin IceWind Elliptical.	63
Gambar 4.3 Pengaruh penambahan end plate pada Rotor Turbin IceWind Konvensional terhadap nilai C_p	66
Gambar 4.4 Pengaruh penambahan end plate pada Rotor Turbin IceWind Konvensional terhadap nilai C_T	67
Gambar 4.5 Sudut orientasi rotor terhadap arah datangnya angin	68
Gambar 4.6 Perbandingan nilai koefisien torsi statis Rotor Turbin IceWind Konvensional dan Rotor Turbin IceWind Konvensional + End Plate	69
Gambar 4.7 Pengaruh geometri blade terhadap nilai C_p pada time step ke-150 (current time step).....	70
Gambar 4.8 Pengaruh geometri blade terhadap nilai C_p rata-rata.....	71
Gambar 4.9 Pengaruh geometri blade terhadap nilai C_T pada time step ke-150 (current time step).....	72
Gambar 4.10 Pengaruh geometri blade terhadap nilai C_T rata-rata.	73
Gambar 4.11 Grafik koefisien torsi statis pada masing-masing rotor dengan variasi geometri blade.....	74
Gambar 4.12 Grafik persentase peningkatan daya pada masing-masing TSR.	77
Gambar 4.13 Contour kecepatan udara di sekeliling Rotor Turbin IceWind Elliptical.....	78
Gambar 4.14 Contour tekanan di sekeliling Rotor Turbin IceWind Elliptical.	79
Gambar 4.15 Contour tekanan pada permukaan Rotor Turbin IceWind Elliptical.	80

Gambar 4.16 Contour kecepatan udara di sekeliling Rotor Turbin IceWind Twist 45°.....	80
Gambar 4.17 Contour tekanan pada permukaan Rotor Turbin IceWind Twist 45°.	81
Gambar 4.18 Contour tekanan pada permukaan Rotor Turbin IceWind Twist 45°.	82
Gambar 4.19 Contour kecepatan udara di sekeliling Rotor OR 112°.....	83
Gambar 4.20 Contour tekanan di sekeliling Rotor OR 112°	84
Gambar 4.21 Contour tekanan yang diterima returning blade Rotor OR 112°.....	84
Gambar 4.22 Contour kecepatan udara di sekeliling Rotor Turbin IceWind Konvensional.	85
Gambar 4.23 Contour tekanan di sekeliling Rotor Turbin IceWind Konvensional.	86
Gambar 4.24 Contour tekanan yang diterima Rotor Turbin IceWind Konvensional.	86
Gambar 4.25 Contour kecepatan udara di sekeliling Rotor Turbin IceWind Konvensional + End Plate.....	87
Gambar 4.26 Contour tekanan yang diterima Rotor Turbin IceWind Konvensional + End Plate.....	88
Gambar 4.27 Contour tekanan di sekeliling Rotor Turbin IceWind Konvensional + End Plate.	89