



**PERANCANGAN SUDU *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE*
PADA KECEPATAN ANGIN 6-12 m/s**

SKRIPSI

DIMAS DWI ATMAJA PUTRA

1610311059

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2020



**PERANCANGAN SUDU *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE*
PADA KECEPATAN ANGIN 6-12 m/s**

SKRIPSI

**DIAJUKAN SEBAGAI SALAH SATU SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH GELAR**

SARJANA TEKNIK

DIMAS DWI ATMAJA PUTRA

1610311059

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2020

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Dimas Dwi Atmaja Putra

NIM : 1610311059

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : PERANCANGAN SUDU *HORIZONTAL AXIS WIND TURBIN*
PADA KECEPATAN ANGIN 6-12 m/s

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

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

Penguji Utama

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

Penguji 2 (Pembimbing)



Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T.

DEKAN
Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T.
Dekan Fakultas Teknik

Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T.

Ka. Prodi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 24 Juni 2020

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Dimas Dwi Atmaja Putra

NIM : 1610311059

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : PERANCANGAN SUDU *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE*
PADA KECEPATAN ANGIN 6-12 m/s

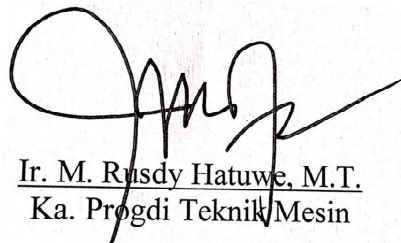
Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis berdasarkan arahan dosen pembimbing.



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP
Dosen Pembimbing 1



Muhamad As'adi, M.T.
Dosen Pembimbing 2



Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T.
Ka. Progdi Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Dimas Dwi Atmaja Putra

NIM : 1610311059

Tanggal : 24 Juni 2020

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

Jakarta, 24 Juni 2020

Yang Menyatakan

A 6000 Indonesian postage stamp (Meterai Tempel) with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem, the text 'METERAI TEMPEL', the serial number '9982AHF451706053', and the value '6000 ENAM RIBU RUPIAH'.

(Dimas Dwi Atmaja Putra)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dimas Dwi Atmaja Putra

NIM : 161031159

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Mesin

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

PERANCANGAN SUDU *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* PADA
KECEPATAN ANGIN 6-12 m/s

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 : 24 Juni 2020

Yang Menyatakan



(Dimas Dwi Atmaja Putra)

PERANCANGAN SUDU *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* PADA KECEPATAN ANGIN 6-12 m/s

Dimas Dwi Atmaja Putra

ABSTRAK

Angin merupakan salah satu contoh energi yang dapat diperbarui, potensi energi angin yang ada di Indonesia cukup memadai, karena besar kecepatan angin rata-rata bisa mencapai 3,5 - 12 m/s. Pada *Horizontal Axis Wind Turbine* terdapat 3 jenis sudu yang dapat digunakan dimana masing-masing sudu memiliki kecocokan dari karakteristik angin. Oleh karena itu dibutuhkan perancangan yang berbeda agar turbin angin dapat bekerja secara optimal. Perancangan dilakukan dengan bantuan software dan memiliki radius putar sebesar 1 m, panjang maksimum *chord* 0.101 m dan sudut serang berkisar antara 2.5-7.5°. Berdasarkan hasil simulasi rotor, jenis sudu *taper* mampu menghasilkan daya lebih besar dibandingkan dengan 2 jenis sudu lainnya *inverse taper*, dan *taper*. Sudu *taper* mampu menghasilkan daya sebesar 1630 Watt pada putaran 750 rpm yang menggunakan profil *airfoil* SG 6043 dengan 3 jumlah sudu.

Kaca Kunci : Sudu, Perancangan, *Horizontal Axis Wind Turbine*, angin

HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE BLADES DESIGN FOR WIND SPEED 6-12 m / s

Dimas Dwi Atmaja Putra

ABSTRACT

Wind is an example of renewable energy, the potential of wind energy in Indonesia is quite adequate, because the average wind speed can reach 3.5-12 m / s. In the Horizontal Axis Wind Turbine there are 3 types of blades that can be used where each blade has a match of the characteristics of the wind. Therefore a different design is needed so that the wind turbine can work optimally. The design is carried out with the help of software and has a turning radius of 1 m, the maximum length of the chord is 0.101 m and the angle of attack ranges from 2.5-7.5 °. Based on the results of the rotor simulation, the type of taper blade is capable of producing greater power compared to the 2 other types of inverse taper blades, and taper. The taper blade is capable of producing power of 1630 Watt at 750 rpm using the SG 6043 airfoil profile with 3 blades.

Keywords : *Blades, Design, Horizontal Axis Wind Turbine, Wind*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya kepada kita sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PERANCANGAN SUDU *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* PADA KECEPATAN ANGIN 6-12 m/s**” dengan baik.

Adapun tujuan penulis dalam pembuatan skripsi ini adalah menambah wawasan di bidang Teknik mesin dan juga sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Teknik Mesin Universitas Pembangunan Veteran Jakarta (UPNVJ).

Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapatkan dorongan dan bantuan baik dari segi materil maupun non materil sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT.
2. Bapak Ramuji dan Ibu Marwati, Orang Tua tersayang yang telah mendoakan, memberikan nasihat, serta semangat kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Reda Rizal, M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Bapak Ir, M. Rusdy Hatuwe, MT. Selaku Kepala Prodi Jurusan Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
5. Bapak Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP selaku dosen Program Studi Teknik Mesin di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta dan dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Muhamad As'adi, S.T., M.T selaku dosen Program Studi Teknik Mesin di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta dan dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.
7. PT Lentera Bumi Nusantara beserta jajarannya yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian.

8. Mauliddiah Marsaputri kakak penulis yang baik hati, selalu memberikan arahan kepada penulis.
9. Aldi Tri Atmaja Putra adik penulis yang menghibur penulis saat penulis merasa jenuh.
10. Nur Amalina, kekasih yang sangat membantu, memberikan semangat dan perhatian kepada penulis.
11. Michael Febrianus dan Muhammad Dafa Aly, teman seperjuangan di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang menemani saat penulis melakukan penelitian.
12. Rekan-rekan kontrakan Haji Kado yang menemani, dan memberikan suasana ceria selama penulis menyusun skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, 24 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN 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 GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Turbin Angin.....	6
2.1.1 Jenis Turbin Angin.....	9
2.1.2 Komponen Turbin Angin.....	10
2.2 Sudu	11
2.2.1 Airfoil.....	13

2.2.3 Gaya Angkat, Dorong, dan <i>non-dimensional Parameter</i>	17
2.2.4 Kecepatan Suara dan Bilangan Mach	19
2.3 Dasar <i>Blade Element Momentum Theory</i>	20
2.3.1 <i>Momentum Theory</i>	21
2.3.2 <i>Blade Element Theory</i>	22
2.3.3 <i>Blade Element Momentum Theory</i>	23
2.4 <i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	24
2.4.1 <i>Pre-processor</i>	25
2.4.2 <i>Solver</i>	25
2.4.3 <i>Post Processing</i>	26
2.4.4 <i>Mesh</i>	27
2.4.4.1 <i>Mesh Independence Test</i>	28
2.5 Model Matematika	29
2.5.1 <i>Splart-Allmaras Model</i>	29
2.5.2 <i>Shear Stress Transport (SST) k-ω Model</i>	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2 <i>Software</i> yang Digunakan.....	31
3.3 Tahapan Simulasi	34
3.4 Parameter Simulasi.....	36
3.5 Pengolahan/pengambilan Data.....	37
3.6 Diagram Alir	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Penentuan Geometri Sudu.....	39
4.2 <i>Mesh Independence Test</i>	41
4.3 Simulasi <i>airfoil</i>	45

4.4 Permodelan 3 Dimensi	54
4.5 Simulasi Rotor.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
RIWAYAT HIDUP.....	73
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Angin yang melewati turbin angin	6
Gambar 2.2 Teori Betz limit pada energi angin	8
Gambar 2.3 Tipe VAWT dan HAWT	10
Gambar 2.4 Komponen HAW dan VAWT	10
Gambar 2.5 Gaya-gaya yang terjadi pada sudu.	12
Gambar 2.6 (a) dan (b) Aliran di sekitar <i>airfoil</i>	13
Gambar 2.7 Penamaan pada setiap bagian <i>airfoil</i>	13
Gambar 2.8 <i>Airfoil</i> NACA seri 4 dan 5 digit.(Pradana, 2019).....	14
Gambar 2.9 Perbedaan nilai puntir pada sudu	15
Gambar 2.10 Gaya dan momen yang terjadi pada sebuah <i>airfoil</i>	17
Gambar 2.11 contours of static pressure	26
Gambar 2.12 Contoh proses meshing yang terstruktur.....	27
Gambar 2.13 Contoh mesh tetrahedral grids yang tidak terstruktur	28
Gambar 2.14 nilai CP dengan variasi mesh	29
Gambar 3.1 Tampilan <i>Qblade v0.96</i>	31
Gambar 3.2 Tampilan <i>Ansys</i>	33
Gambar 3.3 Tampilan SOLIDWORKS 2016	33
Gambar 3.4 Permodelan 2D dan 3D pada software ANSYS.....	35
Gambar 3.5 Diagram Alir	38
Gambar 4.1 Distribusi chord sudu <i>taperless</i>	40
Gambar 4.2 Distribusi chord sudu <i>taper</i>	40
Gambar 4.3 Distribusi chord sudu <i>inverse taper</i>	41
Gambar 4.4 (a) mesh tipe M1, (b) mesh tipe M2, dan (c) mesh tipe M3.....	42
Gambar 4.5 normalisasi tipe mesh.	43
Gambar 4.6 (a) mesh tipe M4 (b) mesh tipe M5 (c) mesh tipe M6.	44
Gambar 4.7 grafik hasil 3D mesh independence	45
Gambar 4.8 Bentuk macam-macam airfoil.	45
Gambar 4.9 Kenaikan sudut serang/kemiringan airfoil dan separasi.....	47
Gambar 4.10 Grafik Cl/Cd terhadap alpha FX 83-W-108.....	48
Gambar 4.11 Grafik Cl/Cd terhadap alpha NACA 4412.	48

Gambar 4.12 Grafik Cl/Cd terhadap alpha NACA 3414.	49
Gambar 4.13 Grafik Cl/Cd terhadap alpha NACA 3409.	50
Gambar 4.14 Grafik Cl/Cd terhadap alpha NACA 6412.	50
Gambar 4.15 Grafik Cl/Cd terhadap alpha NACA 6510.	51
Gambar 4.16 Grafik Cl/Cd terhadap alpha SG6043.	52
Gambar 4.17 Maksimum Cl/Cd dari setiap airfoil versi Ansys.	53
Gambar 4.18 Maksimum Cl/Cd dari setiap airfoil versi Qblade.	54
Gambar 4.19 sudut antara sudu dengan jumlah 2 dan 3 sudu.	54
Gambar 4.20 Bentuk 3 dimensi sudu turbin angin dengan bagian-bagiannya.	55
Gambar 4.21 Model 3 dimensi sudu <i>inverse taper</i>	55
Gambar 4.22 Model 3 dimensi sudu <i>taperless</i>	56
Gambar 4.23 Model 3 dimensi sudu <i>taper</i>	56
Gambar 4.24 contour dan streamline di sudu tipe <i>inverse taper</i> 2 sudu.	57
Gambar 4.25 grafik <i>power</i> terhadap RPM sudu <i>inverse taper</i> 2 sudu.	58
Gambar 4.26 <i>contour</i> dan <i>streamline</i> sudu tipe <i>inverse taper</i> 3 sudu.	59
Gambar 4.27 grafik <i>power</i> terhadap RPM sudu <i>inverse taper</i> 3 sudu.	60
Gambar 4.28 <i>contour</i> dan <i>streamline</i> sudu tipe <i>taper</i> 2 sudu.	61
Gambar 4.29 grafik <i>power</i> terhadap RPM sudu <i>taper</i> 2 sudu.	62
Gambar 4.30 <i>contour</i> dan <i>streamline</i> sudu tipe <i>taper</i> 3 sudu.	63
Gambar 4.31 grafik <i>power</i> terhadap RPM sudu <i>taper</i> 3 sudu.	64
Gambar 4.32 <i>contour</i> dan <i>streamline</i> sudu tipe <i>taperless</i> 2 sudu.	65
Gambar 4.33 grafik <i>power</i> terhadap RPM sudu <i>taperless</i> 2 sudu.	66
Gambar 4.34 <i>contour</i> dan <i>streamline</i> sudu tipe <i>taperless</i> 3 sudu.	67
Gambar 4.35 grafik <i>power</i> terhadap RPM sudu <i>taperless</i> 3 sudu.	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi <i>mach number</i>	20
Tabel 2.2 Variasi ukuran <i>mesh</i>	28
Tabel 3.1 Variasi <i>mesh</i>	35
Tabel 3.2 Parameter Qblade.....	36
Tabel 3.3 Parameter ANSYS	36
Tabel 4.1 Parameter Turbin Angin.....	39
Tabel 4.2 Geometri sudu tipe <i>taperless</i>	39
Tabel 4.3 Geometri sudu tipe <i>taper</i>	40
Tabel 4.4 Geometri sudu tipe <i>inverse taper</i>	41
Tabel 4.5 spesifikasi variasi mesh 2D.....	41
Tabel 4.6 spesifikasi variasi mesh 3D.....	43
Tabel 4.7 Cl/Cd Maksimum masing-masing airfoil versi Qblade dan Ansys.....	52