



**ANALISIS EFISIENSI MODEL BILAH *HORIZONTAL*
AXIS WIND TURBINE DAN *VERTICAL AXIS WIND*
TURBINE NACA 6510 UNTUK KECEPATAN ANGIN
3m/s – 12m/s**

SKRIPSI

SARJANA TEKNIK

MUHAMMAD DAFFA ALY

1610311061

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2020



**ANALISIS EFISIENSI MODEL BILAH *HORIZONTAL*
AXIS WIND TURBINE DAN *VERTICAL AXIS WIND*
TURBINE NACA 6510 UNTUK KECEPATAN ANGIN**

3m/s – 12m/s

SKRIPSI

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

SARJANA TEKNIK

MUHAMMAD DAFFA ALY

1610311061

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2020

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Daffa Aly

NIM : 1610311061

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Analisis Efisiensi Model Bilah *Horizontal Axis Wind Turbine* dan *Vertical Axis Wind Turbine* NACA 6510 Untuk Kecepatan Angin 3m/s – 12m/s.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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.

Ir. M. Galbi B. M.T.

Penguji Utama

M. Arifudin L., S.T., M.T.



Dekan

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

Penguji Pembimbing

Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T.

Ka. Progd

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal Ujian : 23 Juni 2020

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Daffa Aly

NIM : 1610311061

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Analisis Efisiensi Model Bilah *Horizontal Axis Wind Turbine* dan *Vertical Axis Wind Turbine* NACA 6510 Untuk Kecepatan Angin 3m/s – 12m/s.

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



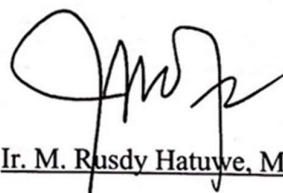
Dr. Damora Rhakasywi, ST. MT

Dosen Pembimbing I



Muhammad As'Adi, ST, MT.

Dosen Pembimbing II



Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T.

Ka. Progdi

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal Ujian : 23 Juni 2020

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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

Nama : Muhammad Daffa Aly

NIM : 1610311061

Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi yang saya kerjakan ini merupakan hasil karya sendiri, serta semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Jakarta, 08 Juli 2020

Yang menyatakan



Muhammad Daffa Aly

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Daffa Aly
NIM : 1610311061
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, 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:

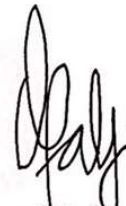
**ANALISIS EFISIENSI MODEL BILAH HORIZONTAL AXIS WIND
TURBINE DAN VERTICAL AXIS WIND TURBIN NACA 6510
UNTUK KECEPATAN ANGIN 3m/s – 12m/s**

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 mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai peneliti/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : Juli 2020

Yang menyatakan,



Muhammad Daffa Aly

**ANALISIS EFISIENSI MODEL BILAH *HORIZONTAL AXIS*
WIND TURBINE DAN *VERTICAL AXIS WIND TURBINE* NACA
6510 UNTUK KECEPATAN ANGIN 3M/S – 12M/S**

Muhammad Daffa Aly

ABSTRAK

Kebutuhan energi dunia ini terus meningkat, hal ini terjadi dikarenakan pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pemakaian terhadap energi tersebut semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Angin merupakan solusi dari energi alternatif dan energi terbarukan, dengan pertimbangan angin merupakan sumber daya alam yang tak terbatas dan ramah lingkungan. Dengan perbandingan antara turbin angin *horizontal* dan *vertical* terlihat bahwa efisiensi C_p (*Coefficient of power*) dari kedua turbin tersebut berbeda – beda pada variasi kecepatan angin 3m/s, 6m/s, 9m/s dan 12m/s. Sehingga hal tersebut bisa diketahui, bahwa pada turbin angin *horizontal* dan *vertical* memiliki C_p yang optimal di masing – masing variasi kecepatan angin. Hasil tersebut akan dilakukan dengan menggunakan beberapa simulasi. Hasil simulasi dilakukan dengan *software* QBlade dan Ansys, Pada kecepatan 3m/s data QBlade antara *horizontal* dan *vertical* didapatkan C_p optimal dinilai 0.935145 untuk *vertical*. Pada kecepatan 6m/s data QBlade antara *horizontal* dan *vertical* didapatkan C_p optimal dinilai 0.158268 untuk *horizontal*. Pada kecepatan 9m/s data QBlade antara *horizontal* dan *vertical* didapatkan C_p optimal dinilai 0.22601127 untuk *horizontal*. Pada kecepatan 12m/s data QBlade antara *horizontal* dan *vertical* didapatkan C_p optimal dinilai 0.544217 untuk *horizontal*.

Kata Kunci: HAWT, VAWT, NACA 6510, Efisiensi, QBlade, Ansys, CFD

***ANALYZE THE EFFICIENCY OF MODEL THE HORIZONTAL
AXIS WIND TURBINE BLADES AND VERTICAL AXIS WIND
TURBIN BLADES NACA 6510 FOR SPEED 3M/S – 12M/S***

Muhammad Daffa Aly

ABSTRACT

Energy demand in this world continues to increase, this happened because of population growth, economic growth and energy useage is increasing over by time. Wind energy is a solution of alternative energy and renewable energy, with consdideration that wind is an unlimited and environmentally friendly natural resources. A comparation between horizontal and vertical wind turbines shows an efficiency Cp (Coefficient of power) of two difference turbines with variation of speeds 3m/s, 6m/s, 9m/s dan 12m/s. So, that can be known that horizontal and vertical wind turbine have an optimal Cp in each variation of wind speed. These results will be using by several simulations. The simulation results are done with QBlade and Ansys software, at speed of 3m/s QBlade data between horizontal and vertical obtained optimal Cp is rated 0.935145 for vertical. At speed of 6m/s QBlade data between horizontal and vertical obtained optimal Cp rated 0.158268 for horizontal. At speed of 9m/s QBlade data between horizontal and vertical obtained an optimal cp rated 0.22601127 for horizontal. At speed of 12m/s QBlade data between horizontal and vertical obtained an optimal Cp rated 0.544217 for horizontal.

Keywords: *HAWT , VAWT , NACA 6510 , Efficiency , QBlade , Ansys, CFD*

KATA PENGANTAR

Pertama, penulis menyampaikan puji dan syukur kepada Allah SWT atas berkat, rahmat, ilham dan hidayah dari-Nya. Tugas akhir dengan judul “**Analisis Efisiensi Model Bilah *Horizontal Axis Wind Turbine* dan *Vertical Axis Wind Turbine* dengan NACA 6510 Untuk Kecepatan Angin 3m/s – 12m/s**” ini dapat diselesaikan. Skripsi ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terwujud dengan baik dengan bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung dan tidak langsung. Tanpa pertolongan-Nya dan bimbingan-Nya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam Kesempatan ini pula penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rezeki dan rahmat-Nya yang diberikan kepada saya dalam melakukan penelitian ini sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan moral, material dan juga doa yang selalu di panjatkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
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 pembimbing I (satu) yang telah bersedia membantu meluangkan waktu dalam memberikan arahan konsep penelitian serta nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
6. Bapak Muhammad As’Adi, ST, MT. Selaku Dosen pembimbing II (dua) yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik
7. Amanda Kamalia selaku *partner in everything*-ku dan juga *support system* penulis, yang selalu menemani dan memberikan dukungan kepada penulis.

8. Dimas Dwi Atmaja Putra dan Michael Febrianus Jhony Saputra selaku rekan kerja praktik, hingga rekan satu topik Tugas Akhir yang selalu menemani dan membantu penulisan Tugas Akhir ini.
9. Rekan – rekan Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin UPN Veteran Jakarta yang membantu dalam proses pengembangan karakter selama masa perkuliahan.
10. Rekan – rekan kontrakan Haji Kado yang senantiasa menemani dan membimbing penulis saat melakukan penelitian

Jakarta, Juli 2020

Penulis,

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Turbin Angin.....	6
2.1.1 HAWT (<i>Horizontal Axis Wind Turbin</i>).....	6
2.1.2 VAWT (<i>Vertical Axis Wind Turbin</i>)	8
2.2 Potensi Angin.....	11

2.3 <i>Airfoil</i>	12
2.3.1 Gaya – gaya yang mempengaruhi	14
2.4 <i>Power Coefficient, Bet’z Momentum Theory, dan Tip Speed Ratio</i>	16
2.4.1 <i>Power Coefficient</i>	16
2.4.2 <i>Bet’z Momentum Theory</i>	16
2.4.3 <i>Tips Speed Ratio</i>	19
2.5 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	21
2.5.1 Tahapan Proses CFD	22
2.6 <i>Meshing</i>	23
2.6.1. <i>Mesh Independent</i>	25
2.7 Aliran fluida.....	26
2.7.1 <i>User – Defined Scalar (USD) Transport Equation</i>	27
2.7.2 Turbulansi dan pemodelannya	28
2.8 <i>Wall Function</i>	30
2.8.1 Persamaan RANS (Reynolds <i>average</i> Navier – Stokes) dan pemodelannya.....	31
2.8.2 <i>K- ε models</i>	32
2.8.3 <i>K-ω models</i>	33
2.9 Batas kondisi (<i>Boundary condition</i>).....	33
2.10 Metode Volume Hingga (<i>Finite Volume Methode</i>)	34
BAB III METODELOGI PENELITIAN	35
3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.2 Waktu dan tempat penelitian	36
3.3 <i>Software</i> yang digunakan	36
3.4 Tahapan Simulasi.....	38
3.4.1 QBlade	38
3.4.2 Ansys Student 2020 R1	39
3.5 Parameter Simulasi QBlade dan Ansys.....	40

3.5.1 QBlade.....	40
3.5.2 Ansys	41
3.6 Pengolahan dan pengambilan Data	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4. 1 Geometri sudu turbin angin HAWT dan VAWT.....	42
4. 2 <i>Mesh Independent Test</i>	45
4. 3 Simulasi <i>airfoil</i> NACA 6510.....	47
4. 3.1 Hasil simulasi <i>airfoil</i> NACA 6510.....	49
4. 3 Desain 3D <i>Horizontal Axis Wind Turbine</i> (HAWT) dan <i>Vertical Axis Wind Turbine</i> (VAWT).....	51
4. 4 Hasil simulasi 3D <i>Horizontal Axis Wind Turbine</i> (HAWT) dan <i>Vertical Axis Wind Turbine</i> (VAWT).....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
RIWAYAT HIDUP.....	65
LAMPIRAN	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen utama turbin angin sumbu horisontal	7
Gambar 2.2 Turbin angin tipe <i>upwind</i> dan <i>downwind</i>	7
Gambar 2.3 Kondisi Aliran dan Gaya Hambat untuk Turbin angin Vertikal.	8
Gambar 2.4 Prinsip Rotor Savonius	9
Sumber: (Mohamed Khaled Mohamed Mohamed Hasanin, 2017).....	9
Gambar 2.5 Jenis Turbin angin sumbu vertikal tipe Savonius Rotor.....	9
Gambar 2.6 Jenis Turbin angin sumbu vertikal tipe Darrieus Rotor.....	10
Gambar 2.7 Jenis Turbin angin sumbu vertikal tipe H Rotor.	10
Gambar 2.9 <i>Airfoil</i> Geometri.....	13
Gambar 2.10 Geometri gaya yang bekerja pada <i>airfoil</i>	15
Gambar 2.11 Pemodelan Bet'z untuk aliran angin.	17
Gambar 2.12 Koefisien daya <i>CP</i> sebagai fungsi faktor <i>a</i>	19
Gambar 2.13 Variasi <i>tip speed ratio</i> dan koefisien <i>Cp</i> pada berbagai jenis turbin angin.....	20
Gambar 2.14 <i>Mesh hexahedral</i>	24
Gambar 2.15 <i>Mesh tetrahedral</i>	24
Gambar 2.16 <i>Mesh polyhedral</i>	25
Gambar 2.17 Nilai <i>Cp</i> dari variasi <i>mesh</i>	26
Gambar 2.18 Aliran <i>Turbulent</i> Bebas.	28
Gambar 2.19 Visualisasi Wilayah Jet yang <i>Turbulent</i>	29
Gambar 3.2 Tampilan <i>Qblade v0.96</i>	36
Gambar 3.3 Tampilan <i>Ansys</i>	37
Gambar 3.4 Tampilan <i>SOLIDWORKS 2016</i>	38
Gambar 3.5 Pemodelan <i>HAWT</i> pada <i>Ansys</i>	39
Gambar 3.5 Pemodelan <i>VAWT</i> pada <i>Ansys</i>	39
Gambar 4.1 Grafik <i>chord</i> dan <i>twist angle</i> terhadap panjang pada <i>HAWT</i>	43
Gambar 4.2 Model <i>HAWT</i> pada setiap elemen	43
Gambar 4.3 Grafik <i>chord</i> dan <i>twist angle</i> terhadap panjang pada <i>VAWT</i>	44
Gambar 4.4 Model <i>VAWT</i> pada setiap elemen	45
Gambar 4.5 Variasi (A) <i>Mesh fine</i> 2D, (B) <i>mesh medium</i> 2D, (C) <i>mesh coarse</i> 2D	46

Gambar 4.6 Grafik variasi (A) <i>Mesh fine</i> 2D, (B) <i>mesh medium</i> 2D, (C) <i>mesh coarse</i> 2D	47
Gambar 4.7 <i>Airfoil</i> NACA 6510.....	48
Gambar 4.8 Grafik CL/CD terhadap <i>AoA</i>	48
Gambar 4.9 Kontur tekanan dan kecepatan <i>airfoil</i> NACA 6510 pada <i>AoA</i> -10 ° .	49
Gambar 4.10 Kontur tekanan dan kecepatan <i>airfoil</i> NACA 6510 pada <i>AoA</i> -5 ° .	49
Gambar 4.11 Kontur tekanan dan kecepatan <i>airfoil</i> NACA 6510 pada <i>AoA</i> 0 ° ..	50
Gambar 4.12 Kontur tekanan dan kecepatan <i>airfoil</i> NACA 6510 pada <i>AoA</i> 5 ° ..	50
Gambar 4.13 Kontur tekanan dan kecepatan <i>airfoil</i> NACA 6510 pada <i>AoA</i> 10 ° .	50
Gambar 4.14 Kontur tekanan dan kecepatan <i>airfoil</i> NACA 6510 pada <i>AoA</i> 15 ° .	50
Gambar 4.15 Kontur tekanan dan kecepatan <i>airfoil</i> NACA 6510 pada <i>AoA</i> 20 ° .	51
Gambar 4.16 Model 3D HAWT	52
Gambar 4.17 Model 3D VAWT	52
Gambar 4.18 Kontur distribusi (A) kecepatan dan (B) tekanan pada sekitar turbin HAWT.....	53
Gambar 4.19 Kontur distribusi (A) <i>streamline</i> dan (B) tekanan pada dinding turbin HAWT.....	54
Gambar 4.20 Plot kontur distribusi kecepatan sekitar turbin VAWT	55
Gambar 4.21 Plot kontur distribusi tekanan sekitar turbin VAWT	55
Gambar 4.22 Pola distribusi <i>streamline</i> sekitar turbin VAWT	56
Gambar 4.23 Pola distribusi vektor kecepatan sekitar turbin VAWT	56
Gambar 4.24 Plot distribusi tekanan pada dinding turbin VAWT	57
Gambar 4.25 Grafik HAWT dari hasil simulasi QBlade dan Ansys.....	59
Gambar 4.26 Grafik VAWT dari hasil simulasi QBlade dan Ansys.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran mesh, waktu simulasi CFD, dan estimasi C_p untuk SST model Sumber:	25
Tabel 2.1 Ukuran mesh, waktu simulasi CFD, dan estimasi C_p untuk $k-\epsilon$ model	25
Tabel 3.1 Variasi <i>Mesh</i>	40
Tabel 3.2 Parameter simulasi QBlade.....	40
Tabel 3.3 Parameter simulasi Ansys.....	41
Tabel 4.1 Parameter sudu turbin angin HAWT dan VAWT.....	42
Tabel 4.2 Geometri sudu turbin angin HAWT.....	42
Tabel 4.3 Geometri sudu turbin angin VAWT.....	44
Tabel 4.4 Variasi mesh terhadap <i>lift</i> dan <i>time</i>	47
Tabel 4.7 Nilai – nilai <i>HAWT</i> yang didapatkan dari simuasi QBlade	58
Tabel 4.8 Nilai – nilai HAWT yang didapatkan dari simuasi Ansys	58
Tabel 4.7 Nilai – nilai VAWT yang didapatkan dari simuasi QBlade	59
Tabel 4.8 Nilai – nilai VAWT yang didapatkan dari simuasi Ansys	60