



**ANALISIS VARIASI JUMLAH *BLADE* PADA *HORIZONTAL*
AXIS WIND TURBINE TIPE *TAPERLESS AIRFOIL SG6043*
MENGUNAKAN METODE *BEM* DAN *CFD***

SKRIPSI

PRATAMA RICKY NOVIANTO

1910311061

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2023



**ANALISIS VARIASI JUMLAH *BLADE* PADA *HORIZONTAL*
AXIS WIND TURBINE TIPE *TAPERLESS AIRFOIL SG6043*
MENGUNAKAN METODE *BEM* DAN *CFD***

SKRIPSI

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

PRATAMA RICKY NOVIANTO

1910311061

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

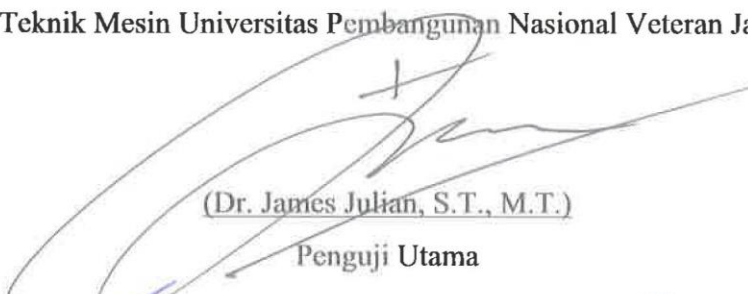
2023

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Pratama Ricky Novianto
NRP : 1910311061
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS VARIASI JUMLAH *BLADE* PADA
HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE TIPE *TAPERLESS*
AIRFOIL SG6043 MENGGUNAKAN METODE *BEM*
DAN *CFD*


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 Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.


(Dr. James Julian, S.T., M.T.)

Penguji Utama


(Budi Martana, S.T., M.M.)

Penguji II


(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

Penguji Lembaga


(Dr. Henry Binsar Hamonangan Sitorus, S.T., M.T.)

Dekan Fakultas Teknik


(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

Ka. Prodi Teknik Mesin

Di tetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 5 Juli 2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Pratama Ricky Novianto
NRP : 1910311061
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS VARIASI JUMLAH *BLADE* PADA
HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE TIPE *TAPERLESS*
AIRFOIL SG6043 MENGGUNAKAN METODE *BEM*
DAN *CFD*

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

Menyetujui



(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2

Mengetahui



(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Pratama Ricky Novianto

NIM : 1910311061

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

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

Jakarta, 17 Juli 2023

Yang menyatakan,



AF4AKX534376482

(Pratama Ricky Novianto)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Pratama Ricky Novianto

NRP : 1910311061

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 Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Analisis Variasi Jumlah *Blade* Pada *Horizontal Axis Wind*
Turbine Tipe Taperless Airfoil SG6043 Menggunakan Metode
BEM dan CFD”**

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 penulis/pencipta dan sebagai Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta

Pada Tanggal: 17 Juli 2023

Yang Menyatakan,



(Pratama Ricky Novianto)

**ANALISIS VARIASI JUMLAH *BLADE* PADA *HORIZONTAL*
AXIS WIND TURBINE TIPE *TAPERLESS AIRFOIL SG6043*
MENGUNAKAN METODE *BEM* DAN *CFD***

Pratama Ricky Novianto

ABSTRAK

Perancangan bilah jenis *taperless* menggunakan *Airfoil SG6043* dengan variasi jumlah *blade* yang berbeda dengan menggunakan metode simulasi *BEM* dan *CFD* diharapkan dapat menjadi acuan dalam menentukan perancangan yang menghasilkan efisiensi kerja paling baik. Hasil simulasi diperoleh nilai C_p paling besar pada rancangan bilah *Taperless* adalah rancangan bilah dengan variasi jumlah 3 bilah turbin angin yang memiliki nilai $C_p = 0.45$ pada simulasi *BEM* dan memiliki nilai $C_p=0.364$ pada simulasi *CFD*. Nilai C_p paling besar pada rancangan bilah *Taperless* adalah rancangan bilah dengan variasi jumlah 4 bilah turbin angin yang memiliki nilai $C_p=0.48$ pada simulasi *BEM* dan memiliki nilai $C_p=0.425$ pada simulasi *CFD*. Sedangkan nilai C_p paling besar pada rancangan bilah *Taperless* adalah rancangan bilah dengan variasi jumlah 5 bilah turbin angin yang memiliki nilai $C_p=0.47$ pada simulasi *BEM* dan memiliki nilai $C_p=0.450$ pada simulasi *CFD*. Terdapat perbedaan nilai C_p tertinggi untuk metode *BEM* dan *CFD*. Untuk menjadi acuan atau hasil yang lebih valid tentu dengan metode *CFD* dikarenakan metode *BEM* hanya dapat digunakan untuk mengestimasi awal kinerja turbin angin dan kemudian desain turbin angin dapat dioptimalkan dengan observasi rinci menggunakan metode *CFD*.

Kata Kunci : *HAWT, Airfoil SG6043, Taperless, Torsi, Coefficient Power, BEM, CFD, Jumlah Blade*

**ANALYSIS OF THE VARIATION OF THE NUMBER OF
BLADES ON HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE TYPE
TAPERLESS AIRFOIL SG6043 USING BEM AND CFD
METHODS**

Pratama Ricky Novianto

ABSTRACT

The design of taperless type blades using Airfoil SG6043 with variations in the number of blades using BEM and CFD simulation methods is expected to be a reference in determining the design that produces the best work efficiency. The simulation results obtained the largest Cp value in the Taperless blade design is a blade design with variations in the number of 3 wind turbine blades which have a value of $C_p = 0.45$ in the BEM simulation and have a value of $C_p = 0.364$ in the CFD simulation. The largest Cp value in the Taperless blade design is a blade design with a variation in the number of 4 wind turbine blades which has a value of $C_p = 0.48$ in the BEM simulation and has a value of $C_p = 0.425$ in the CFD simulation. While the largest Cp value in the Taperless blade design is a blade design with a variation in the number of 5 wind turbine blades which has a value of $C_p = 0.47$ in the BEM simulation and has a value of $C_p = 0.450$ in the CFD simulation. There is a difference in the highest Cp values for BEM and CFD methods. To be a reference or more valid result, of course, with the CFD method because the BEM method can only be used to estimate the initial performance of wind turbines and then the design of wind turbines can be optimized with detailed observations using the CFD method.

Keywords : HAWT, Airfoil SG6043, Taperless, Torque, Coefficient Power, BEM, CFD, Number of Blades

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada ALLAH SWT karena atas rahmat-Nya dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *“ANALISIS VARIASI JUMLAH BLADE PADA HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE TIPE TAPERLESS AIRFOIL SG6043 MENGGUNAKAN METODE BEM DAN CFD”*. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Dalam proses pembuatan skripsi ini, penulis sangat menyadari akan segala kekurangan yang ada mengingat keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan luar biasa ini, penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu, membimbing, mendoakan, memotivasi, dan memberi semangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan sangat bersyukur, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, karunia, hidayah, nikmat, dan kemudahan yang telah diberikan kepada penulis
2. Kakek Rochani, Nenek Wakiyem, kedua orang tua saya (Bapak Mujiono dan Ibu Margini), dan adik saya (Raisya Dwi Rahmadhany) yang selalu kebersamai penulis hari-hari yang tidak mudah dari awal perkuliahan dan selama proses penyusunan skripsi ini, selalu mendukung, selalu menyemangati, dan selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis.
3. Budhe Zubaidah, Pakdhe Trisnadi, Budhe Rohmiyati, Pakdhe Rohimat, Aditya, Prasetyo, Mba Yanti, Mas Agus, segenap keluarga besar Mbah Dullah Rusdi, Mbah Pawiro, serta Mbah Madmi Karta yang selalu mendoakan dan menyemangati Penulis
4. Bapak Fahrudin, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Sarjana Teknik Mesin UPN Veteran Jakarta sekaligus sebagai dosen Program Studi Teknik Mesin di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta dan dosen

pembimbing yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.

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. Seluruh Bapak/Ibu dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama perkuliahan
7. Teman-teman S1 Teknik Mesin UPNVJ 2019 (Optimis 2019) khususnya TTS Squad, Pengurus BEM FT UPNVJ khususnya Kementerian Kominfo, dan Pengurus FORMASIKIP UPNVJ khususnya Divisi SPI yang selalu mendukung dan menyemangati hingga skripsi ini terselesaikan.
8. Oktovyanne Salsabilla NIM P1337420620105 yang telah kebersamaian penulis pada hari-hari yang tidak mudah selama proses penyusunan skripsi ini, selalu mendukung, dan selalu menyemangati penulis dalam menyusun skripsi ini.
9. Bapak Ir. Abdul Wahid, M.T., Ph.D dan segenap pengurus Lab. Process Systems Engineering, Teknik Kimia Universitas Indonesia yang telah mendukung dan memfasilitasi penulis dalam melaksanakan penelitian ini.

Dalam proses penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, kritik serta saran sangat penulis harapkan agar dapat memperbaiki skripsi ini untuk ke depannya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jakarta, 17 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Sistem Penulisan.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Angin sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan.....	10
2.3 Turbin Angin	14
2.3.1 Prinsip Kerja Turbin Angin Skala Mikro.....	15
2.3.2 Turbin Angin Sumbu Horizontal	16
2.3.3 Konstruksi Turbin Angin Skala Mikro	17
2.4 Bilah Turbin Angin	19
2.5 <i>Airfoil</i>	21
2.6 <i>Betz Limit</i>	24
2.7 <i>Tip Speed Ratio</i>	27
2.8 Bilangan <i>Reynolds</i>	28
2.9 Sudut-sudut pada bilah	29

2.10	<i>Coefficient Lift</i>	31
2.11	<i>Coefficient Power</i>	31
2.12	<i>Blade Element Momentum Theory (BEM Theory)</i>	32
2.13	<i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	34
2.13.1	Tahapan Proses <i>CFD</i>	34
2.13.2	<i>Meshing</i>	35
2.13.3	<i>Mesh Independence Test</i>	36
2.13.4	Persamaan Dasar <i>CFD</i>	37
2.14	Perancangan Bilah	39
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		41
3.1	Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	41
3.1.1	Waktu Pelaksanaan Penelitian	41
3.1.2	Tempat Pelaksanaan Penelitian.....	41
3.2	<i>Software</i> yang digunakan	41
3.2.1	<i>Software Blade Element Memomentum (BEM)</i>	41
3.2.2	<i>Software Computer Aided Design (CAD)</i>	41
3.2.3	<i>Software Analisis CFD</i>	42
3.2.4	<i>Software Pengolah angka dan penulisan</i>	43
3.3	Metode Perancangan Bilah Turbin Angin	43
3.4	Metode Simulasi	45
3.4.1	<i>Blade Element Memomentum (BEM)</i>	45
3.4.2	<i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	46
3.5	Parameter Simulasi	49
3.6	<i>Airfoil</i> yang digunakan	50
3.7	Pengambilan Data.....	51
3.8	Diagram Alir Penelitian.....	52
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		53
4.1	<i>Mesh Independence Test</i>	53
4.2	Validasi Penelitian.....	53
4.3	Perhitungan Geometri Bilah	55
4.3.1	Tabel Spesifikasi Menentukan Panjang Jari-jari Bilah	55
4.3.2	Perhitungan Geometri Bilah untuk Menentukan Panjang Jari-Jari Bilah .	55
4.3.3	Perhitungan Geometri Bilah untuk Mendapatkan Nilai Lebar Bilah dan Analisis Karakteristik <i>Airfoil</i> untuk Menentukan <i>Airfoil</i> yang Digunakan.....	59

4.3.4	Perhitungan Geometri Bilah untuk Mendapatkan Nilai Sudut Puntir Bilah <i>Taperless</i>	61
4.4	Hasil Simulasi dan Analisa Perhitungan Geometri Bilah <i>Taperless</i>	68
4.5	Hasil Simulasi Rotor untuk Fenomena yang Terjadi Pada Semua Variasi Turbin Angin	70
4.6	Analisa Hasil Pengujian Hasil Simulasi Semua Variasi Jumlah Bilah <i>Taperless</i>	79
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran	84

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Turbin Angin Skala Mikro (Hong et al., 2013).....	15
Gambar 2. 2 HAWT vs VAWT Sumber : (Mahmoud et al., 2017).....	16
Gambar 2. 3 Komponen Turbin Angin (LBN, 2014)	17
Gambar 2. 4 Bilah jenis taperless (Muliya, 2021)	20
Gambar 2. 5 Geometri Airfoil (Manwell, 2009)	21
Gambar 2. 6 Kekuatan dan momen pada bagian airfoil, sudut serang, dan chord. (Manwell, 2009).....	23
Gambar 2. 7 Diagram losses yang terjadi pada turbin angin	27
Gambar 3. 1 Bilah Turbin Angin pada Solidwork 2020	42
Gambar 3. 2 Tampilan software CFD yang digunakan.....	42
Gambar 3. 3 Perhitungan Perancangan Geometri Bilah Turbin Angin	43
Gambar 3. 4 Geometri Airfoil SG6043 pada software BEM yang digunakan	45
Gambar 3. 5 Model Bilah Turbin Angin pada Software BEM	46
Gambar 3. 6 Permodelan 3D HAWT	47
Gambar 3. 7 Airfoil SG6043	50
Gambar 3. 8 Diagram Alir Penelitian	52
Gambar 4. 1 Hasil validasi simulasi.....	54
Gambar 4. 2 Grafik C_l/C_d terhadap α airfoil SG6043.....	60
Gambar 4. 3 Linearisasi Twist Taperless	67
Gambar 4. 4 Pemodelan HAWT 3 Blade Taperless Pada Software Q-Blade.....	69
Gambar 4. 5 Pemodelan HAWT 4 Blade Taperless Pada Software Q-Blade.....	69
Gambar 4. 6 Pemodelan HAWT 5 Blade Taperless Pada Software Q-Blade.....	70
Gambar 4. 7 Streamline dan Contour 3 Bilah Taperless.....	71
Gambar 4. 8 Contour Velocity 3 Bilah Taperless	71
Gambar 4. 9 Grafik C_p VS TSR 3 Bilah Taperless	73
Gambar 4. 10 Streamline dan Contour 4 Bilah Taperless.....	74
Gambar 4. 11 Contour Velocity 4 Bilah Taperless	74
Gambar 4. 12 Grafik C_p VS TSR 4 Bilah Taperless	76
Gambar 4. 13 Streamline dan Contour 5 Bilah Taperless.....	77
Gambar 4. 14 Contour Velocity 5 Bilah Taperless	77

Gambar 4. 15 Grafik CP VS TSR 5 Bilah Taperless	79
Gambar 4. 16 Analisa Hasil Pengujian	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Skala Angin Beaufort (Bachtiar & Hayyatul, 2018).....	13
Tabel 2. 2 Variasi ukuran mesh ((Aspriliansyah & Adiwibowo, 2020)	36
Tabel 3. 1 Parameter Simulasi di Software BEM	49
Tabel 3. 2 Parameter Simulasi di Software CFD	49
Tabel 4. 1 Mesh Independence Test.....	53
Tabel 4. 2 Spesifikasi Jari-jari bilah.....	55
Tabel 4. 3 Spesifikasi Jari-jari bilah lanjutan.....	55
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Nilai Cl Tiap Elemen Bilah.....	65
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Nilai Flow Angle Tiap Elemen Bilah.....	65
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Twist Untuk Bilah Jenis Taperless.....	66
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan twist optimum untuk bilah jenis taperless	67
Tabel 4. 8 Geometri Bilah Taperless.....	68
Tabel 4. 9 Geometri Bilah Taperless Lanjutan	68

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Geometri Turbin Angin Pada Software Ansys
- Lampiran 2 Meshing Pada Turbin Angin
- Lampiran 3 Proses Setup Pada Ansys CFX
- Lampiran 4 Solution Pada Ansys CFX
- Lampiran 5 Proses Input Geometri Pada Software Q-Blade
- Lampiran 6 Grafik Hasil Simulasi Q-Blade
- Lampiran 7 Lembar Konsultasi Pembimbing 1 Tugas Akhir
- Lampiran 8 Lembar Konsultasi Pembimbing 2 Tugas Akhir