



**PERANCANGAN BILAH *SEMI-INVERSE TAPER*
UNTUK *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* DENGAN
SOFTWARE BERBASIS
*BLADE ELEMENT MOMENTUM***

SKRIPSI

FAJAR NABILA ADITAMA

1510311008

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2019



**PERANCANGAN BILAH *SEMI-INVERSE TAPER*
UNTUK *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* DENGAN
SOFTWARE BERBASIS
*BLADE ELEMENT MOMENTUM***

SKRIPSI

FAJAR NABILA ADITAMA

1510311008

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2019

PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh :
Nama : Fajar Nabila Aditama
NIM : 1510311008
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Perancangan Bilah *Semi-Inverse Taper* Untuk *Horizontal Axis Wind Turbine* dengan *Software* Berbasis *Blade Element Momentum*.

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.



Dr. Damora Rakasywi, ST. MT
Ketua Penguji



Sigit Pradana, ST. MT
Penguji I



Ir. M. Galbi, MT
Penguji II



Dr. Ir. Reda Rizal, M.Si
Dekan



Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT
Ka. Prodi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 11 Juli 2019

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fajar Nabila Aditama

NIM : 1510311008

Program Studi : Teknik Mesin

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

Jakarta, 11 Juli 2019

Yang menyatakan,



(Fajar Nabila Aditama)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Fajar Nabila Aditama
NIM : 1510311008
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-eksklusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

*PERANCANGAN BILAH SEMI-INVERSE TAPER UNTUK HORIZONTAL
AXIS WIND TURBINE DENGAN SOFTWARE BERBASIS BLADE ELEMEN
MOMENTUM.*

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 : 11 Juli 2019

Yang Menyatakan



(Fajar Nabila Aditama)

Perancangan Bilah *Semi-Inverse Taper* Untuk *Horizontal Axis Wind Turbine* dengan *Software* berbasis *Blade Element Momentum*

Fajar Nabila Aditama

Abstrak

Kebutuhan energi terus meningkat sejalan dengan semakin sedikitnya sumber energi tak terbarukan seperti bahan bakar fosil. Angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi yang cukup baik di Indonesia karena kecepatan angin di Indonesia dikategorikan sebagai angin berkecepatan sedang. Turbin angin dapat menjadi solusi alat pembangkit listrik ramah lingkungan dengan mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik. Maka, perlu dirancang turbin angin dengan bilah yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik angin di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bilah *Semi-Inverse Taper* yang merupakan improvisasi dari bilah *Inverse Taper*. Bilah *Semi-Inverse Taper* dirancang menggunakan perhitungan aerodinamis dengan bantuan *software* berbasis *Blade Element Momentum*. Berdasarkan hasil simulasi, dipilihlah airfoil MH 102 karena dapat menghasilkan daya maksimum paling besar. Konfigurasi bilah yang dimodelkan pada *software SolidWorks 2016* memiliki panjang 0.9 m, dengan panjang *chord* pangkal bilah 0.14 m dan panjang *chord* ujung bilah 0.168 m, serta memiliki sudut puntir pangkal dan ujung bilah adalah 14.45° dan 5.76° . Hasil dari penelitian ini menunjukkan bilah *Semi-Inverse Taper* pada turbin angin sumbu horizontal dapat menghasilkan energi listrik yang optimal di kecepatan angin sedang.

Kata Kunci : Turbin Angin, Bilah, *Qblade*, *Blade Element Momentum*, *Semi-Inverse Taper*.

Designing Semi-Inverse Taper Blades for Horizontal Axis Wind Turbines with Blade Element Momentum based Software

Fajar Nabila Aditama

Abstract

Energy needs increase in line with the decreasing of non-renewable energy sources such as fossil fuels. Wind is one of the renewable energy sources that has good potential in Indonesia because wind speeds in Indonesia are categorized as medium speed winds. Wind turbines can be a solution for eco-friendly electricity by converting wind energy into electricity. So, it's necessary to design wind turbines with blades that fit the needs and characteristics of the wind in Indonesia. This research aims to design the Semi-Inverse Taper blades which are improvised from the Inverse Taper blades. The Semi-Inverse Taper blades are designed using aerodynamic calculations found on Blade Element Momentum based software. Based on the simulation results, the MH 102 was chosen because it can produce the maximum power. The configuration of the blade modeled in SolidWorks 2016 has a length of 0.9 m, with the base chord length 0.14 m and the tip chord length 0.168 m, and has a base and tip twisting angle and of the blade are 14.45° and 5.76° . The results of this study indicate that the Semi-Inverse Taper blades on horizontal axis wind turbines can produce optimal electrical energy at moderate wind speeds.

Keywords : Wind Turbines, Blades, Blade Element Momentum, Semi-Inverse Taper.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur diucapkan kepada ALLAH SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mendapat kesempatan menyelesaikan penelitian dengan judul “Perancangan Bilah *Semi-Inverse Taper* Untuk *Horizontal Axis Wind Turbine* dengan *Software* Berbasis *Blade Element Momentum*”. Terima kasih yang sebesar-besarnya turut disampaikan kepada :

1. Ir. M. Galbi, MT dan Sigit Pradana, ST. MT selaku dosen pembimbing sekaligus pembimbing akademis yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu, memberikan arahan serta nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
2. Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT selaku Kepala Prodi Teknik Mesin, beserta segenap dosen serta karyawan Fakultas Teknik yang bersedia membagi pengetahuan dan pengalaman kepada penulis.
3. Bpk. Ricky Elson beserta para pembimbing dari PT. Lentera Bumi Nusantara yang telah bersedia berbagi pengetahuan dasar tentang turbin angin saat Kerja Praktikum di Ciheras.
4. Rekan-rekan tim Laskar Bela Negara ; M. Yusuf, Arda Rizki, Adi Akbar, Ali Muhtar, dan M. Chatip; yang selalu memberikan bantuan dan saran kepada penulis.
5. Rekan-rekan mahasiswa/i Jurusan Teknik Mesin UPNVJ, khususnya untuk angkatan 2015 yang memberikan pengalaman-pengalaman berharga selama penulis menjadi seorang mahasiswa.
6. Keluarga penulis, kedua orang tua, adik, serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan inspirasi dan motivasi tanpa akhir kepada penulis.

Akhir kata, semoga hasil penelitian dari skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, 11 Juli 2019

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fajri', written in a cursive style.

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Orisinalitas	iii
Halaman Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah	iv
Abstrak	v
Abstract	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
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	4
Bab II Tinjauan Pustaka	6
2.1 Angin Sebagai Sumber Energi	6
2.2 Turbin Angin	9
2.3 Bilah Turbin Angin	20
2.4 Airfoil	22
2.5 Prinsip Dasar BEM <i>Theory</i>	26
Bab III Metodologi Penelitian	30
3.1 Skema Penelitian	30
3.2 Metode Penelitian	31

3.3 Metode Pengumpulan Data	31
3.4 Analisis Data	31
3.5 Prosedur Perancangan Bilah	32
3.6 Software yang Digunakan	34
Bab IV Hasil Penelitian	36
4.1 Spesifikasi Turbin Angin	36
4.2 Penentuan Parameter Aerodinamis Bilah	37
4.3 Penentuan Geometri Perancangan Bilah	39
4.4 Penentuan Airfoil Bilah	42
4.5 Perbandingan Hasil Simulasi Bilah	60
4.6 Permodelan bilah di Software CAD	64
Bab V Kesimpulan dan Saran	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
Daftar Pustaka	71
Riwayat Hidup	73
Lampiran A	74
Lampiran B	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin angin tradisional dari Belanda	9
Gambar 2.2 Turbin angin modern	10
Gambar 2.3 HAWT dan VAWT	12
Gambar 2.4 PLTB Sidrap	15
Gambar 2.5 Turbin angin skala kecil	16
Gambar 2.6 Model rotor untuk perhitungan teoritis	17
Gambar 2.7 Tipe-tipe bilah pada turbin angin	20
Gambar 2.8 Geometri airfoil	22
Gambar 2.9 Airfoil NACA 4 digit	24
Gambar 2.10 Airfoil NACA 5 digit	25
Gambar 3.1 Skema penelitian	30
Gambar 3.2 Tampilan <i>Qblade v0.96</i>	34
Gambar 3.3 Tampilan <i>Solidworks 2016</i>	34
Gambar 3.4 Tampilan <i>Microsoft Office 2013</i>	35
Gambar 4.1 Grafik linearisasi sudut puntir	41
Gambar 4.2 Airfoil Althaus AH 93-W-145	45
Gambar 4.3 Geometri bilah dengan airfoil Althaus AH 93-W-145	45
Gambar 4.4 Grafik Cp vs TSR dengan airfoil Althaus AH 93-W-145	46
Gambar 4.5 Grafik Daya vs RPM dengan airfoil Althaus AH 93-W-145	47
Gambar 4.6 Airfoil Wortmann FX 83-W-108	48
Gambar 4.7 Geometri bilah dengan airfoil Wortmann FX 83-W-108	48
Gambar 4.8 Grafik Cp vs TSR dengan airfoil Wortmann FX 83-W-108	49
Gambar 4.9 Grafik Daya vs RPM dengan airfoil Wortmann FX 83-W-108	50
Gambar 4.10 Airfoil Wortmann FX 83-W-150	51
Gambar 4.11 Geometri bilah dengan airfoil Wortmann FX 83-W-150	51
Gambar 4.12 Grafik Cp vs TSR dengan airfoil Wortmann FX 83-W-150	52
Gambar 4.13 Grafik Daya vs RPM dengan airfoil Wortmann FX 83-W-150	53

Gambar 4.14 Airfoil Martin Hepperle MH 102	54
Gambar 4.15 Geometri bilah dengan airfoil Martin Hepperle MH 102	54
Gambar 4.16 Grafik Cp vs TSR dengan airfoil Martin Hepperle MH 102	55
Gambar 4.17 Grafik Daya vs RPM dengan airfoil Martin Hepperle MH 102	56
Gambar 4.18 Airfoil Giguere SG6043	57
Gambar 4.19 Geometri bilah dengan airfoil Giguere SG6043.....	57
Gambar 4.20 Grafik Cp vs TSR dengan airfoil Giguere SG6043	58
Gambar 4.21 Grafik Daya vs RPM dengan airfoil Giguere SG6043	59
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Cp vs TSR	60
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Daya vs RPM	62
Gambar 4.24 Geometri bilah pada <i>software</i> perancangan bilah	66
Gambar 4.25 Elemen bilah pada <i>software</i> perancangan bilah	66
Gambar 4.26 Kordinat airfoil dengan fitur <i>Curve Through XYZ Point</i>	67
Gambar 4.27 Permodelan bilah <i>Semi-Inverse Taper</i>	67
Gambar 4.28 Bagian pangkal dan airfoil bilah	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat kecepatan angin berdasarkan kondisi alam	7
Tabel 2.2 Rata-rata keluaran daya turbin angin dalam Watt	16
Tabel 2.3 Pengaruh Tip Speed Ratio terhadap jumlah bilah	22
Tabel 4.1 Spesifikasi turbin angin	36
Tabel 4.2 Parameter aerodinamis yang ditetapkan dan yang dihitung	37
Tabel 4.3 Geometri perancangan bilah <i>Semi-Inverse Taper</i>	42
Tabel 4.4 Perbandingan macam-macam airfoil untuk turbin angin	42
Tabel 4.5 Airfoil yang dipilih berdasarkan nilai C_l/C_d terbesar	44
Tabel 4.6 Perbandingan nilai C_p vs TSR tiap rancangan bilah	61
Tabel 4.7 Perbandingan nilai Daya vs RPM tiap rancangan bilah	63
Tabel 4.8 Spesifikasi bilah <i>Semi-Inverse Taper</i>	65