

# **TUGAS SARJANA**

## **PENGEMBANGAN PERANCANGAN AIRFOIL SUDU TURBIN ANGIN KECEPATAN RENDAH BERBASIS *INVERSE DESIGN METHOD* MENGUNAKAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***



Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu  
(S-1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

**Oleh:**

**MUHAMMAD NUIM LABIB**

**L2E 005 469**

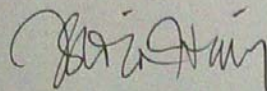
**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2009**

## TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama : Muhammad Nuim Labib  
NIM : L2E 005 469
- Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ing. Ismoyo Haryanto, MT  
2. Dr. MSK. Tony Suryo Utomo , ST, MT
- Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)
- Judul : Pengembangan Perancangan Airfoil Sudu Turbin Angin Kecepatan Rendah Berbasis *Inverse Design Method* Menggunakan *Artificial Neural Network*
- Isi Tugas : 1. Mengetahui karakteristik aerodinamika tiap airfoil hasil rancangan berdasarkan metode komputasi dinamika fluida (CFD).  
2. Menyusun *database* airfoil yang berisikan tipe airfoil yang didasarkan pada koordinat titik pusat lingkaran berdasarkan transformasi Joukowski dan beberapa parameter aerodinamika.  
3. Membuat prosedur alternatif perancangan airfoil dengan metode perancangan balik (*inverse design method*) berdasarkan *Artificial Neural Network* (ANN)

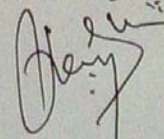
Semarang, Desember 2007

Menyetujui  
Pembimbing I



Dr. Ing. Ismoyo Haryanto, MT  
NIP. 132 320 779

Menyetujui  
Pembimbing II



Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT  
NIP. 132 231 137

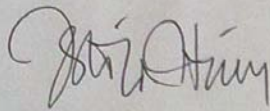
## LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Sarjana dengan judul “**Pengembangan Perancangan Airfoil Sudu Turbin Angin Kecepatan Rendah Berbasis *Inverse Design Method* Menggunakan *Artificial Neural Network***” telah diperiksa dan disetujui pada:

Hari : .....

Tanggal : ..... Desember 2009

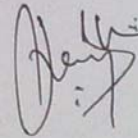
Pembimbing I



Dr. Ing. Ismoyo Haryanto, MT  
NIP. 132 320 779

Menyetujui

Pembimbing II

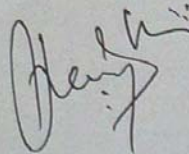


Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT  
NIP. 132 231 137

Mengetahui

Koordinator Tugas Akhir

Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro



Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT  
NIP. 132 231 137

## NOMENKLATUR

$A$	Luasan acuan	$m^2$
$a$	Input	-
$b$	Radius lingkaran	m
$C$	Panjang <i>chord</i>	m
$c$	Kecepatan suara	m/s
$C_D$	Koefisien <i>drag</i>	-
$C_{Df}$	Koefisien <i>friction drag</i>	-
$C_{Dp}$	Koefisien <i>pressure drag</i>	-
$C_L$	Koefisien <i>lift</i>	-
$C_M$	Koefisien <i>Momen</i>	-
$D$	Gaya hambat	N
$E$	Energy	Joule
$F(x)$	Fungsi rata-rata kuadrat error	-
$F$	Resultan gaya aerodinamika	N
$h$	Enthalpy	Joule/kg
$J$	Fluks difusi	-
$k_{eff}$	Konduktivitas efektif	W/m.K
$k_t$	Konduksi thermal	W/m.K
$L$	<i>Lift</i>	N
$M$	Momen	N.m
$\hat{n}$	Vector satuan gaya arah normal	-
$P$	Tekanan	$N/m^2$
$S$	Luasan acuan	$m^2$
$s$	Parameter koordinat pergeseran transformasi joukowski	-
$T$	Temperatur	K

## **ABSTRACT**

*The technical problems in utilization of wind energy as electric power plant in Indonesia is mainly due to the low of average wind velocity which is in the range of 2,5 - 6 m/s. On the other side, the available windmills in the market so far were suited to the home land manufacturer condition, where the average of wind velocity is high enough (above 8 m/s). Therefore, it is a need to develop wind turbine suitably for climate condition in Indonesia. One of the important aspects in turbine blade design is airfoil selection. In this research a methodology of turbine blade design based on intelligent computation has been developed. Using this method the airfoil geometry is no longer as a limitation (constraint) in a wind turbine blade design, therefore the design process can be conducted more easy. Firstly, several airfoil profiles were generated by complex variable transformation (Joukowski transformation) then lift, drag and aerodynamic moment coefficients were numerically calculated by CFD (Computational Fluid Dynamics). The obtained data were used to train the Artificial Neural Network (ANN). By the trained ANN, airfoil geometry can be determined directly with the given aerodynamic forces and moment coefficients instead of wind tunnel experiment or even numerical computation. The ANN result shows good enough for the level of accuracy for even a variety of different training functions.*

**Keywords:** *Aerodynamics, Artificial Neural Network, Computational Fluid Dynamics, Blade, Wind Turbine, Joukowski Transformation*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufik, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul **“Pengembangan Perancangan Airfoil Sudu Turbin Angin Kecepatan Rendah Berbasis *Inverse Design Method* Menggunakan *Artificial Neural Network*”** ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penyusun selama penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Dr. Ing. Ismoyo Haryanto, MT selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
2. Dr. MSK. Tony Suryo Utomo , ST, MT selaku Co.Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun untuk menyusun Tugas Akhir ini.
3. Ir. Sudargana, MT selaku Dosen Wali, yang telah memberikan perhatian dan wejangan selama penyusun menuntut ilmu di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
4. Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro beserta staf pengajar yang telah membagikan ilmu yang berguna baik di masa sekarang maupun di masa yang akan datang.
5. Kedua orang tua saya Ayahanda ***Ahmadi, BA (Alm) dan ibunda Hayyin Yulifah*** serta kedua saudaraku tersayang ***Afnan Bastian*** dan ***Ahmad Tejo Rukmana*** yang telah mencurahkan cinta, kasih sayang, dorongan dan doa yang tidak pernah putus sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

*Motto :*

*"Unperformed Knowledge is Nil, Unfinished Work is  
Useless"*

*"Willing to do Something is the Good Way to Success"*

*"The Best Way to Overcome Difficulties and Trouble is to  
Go Through Them"*

*"Berusahalah Untuk Akheratmu Seakan Engkau Akan  
Mati Besok Dan Berusahalah Untuk Duniamu Seakan  
Engkau Akan Hidup Selamanya"*

---

---

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRACT	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
NOMENKLATUR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Metode Penelitian	4
1.5. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Klasifikasi Aliran	7
2.1.1. Aliran <i>Inviscid</i> dan <i>Viscous</i>	8
2.1.2. Aliran Laminar dan Aliran Turbulent	9
2.1.3. Aliran Compressible dan Incompressible	10
2.1.4. Aliran <i>Internal</i> dan <i>External</i>	10



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Variasi ANN	71
Tabel 4.2 Hasil Pelatihan ANN dengan 14 Parameter Aerodinamika sebagai Input	75
Tabel 4.3 Input Parameter Desain Airfoil Baru.	78
Tabel 4.3 Hasil Output ANN	81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Respon terhadap gaya .....	7
Gambar 2.2	Klasifikasi aliran .....	8
Gambar 2.3	Berbagai daerah aliran lapisan batas diatas plat rata .....	8
Gambar 2.4	Variasi kecepatan (satu dimensi) terhadap waktu.....	9
Gambar 2.5	Beberapa contoh aliran luar .....	11
Gambar 2.6	Keseimbangan massa pada elemen fluida.....	12
Gambar 2.7	Komponen tegangan menurut arah sumbu- $x$ .....	14
Gambar 2.8	Benda dua dimensi.....	18
Gambar 2.9	Benda tiga dimensi.....	18
Gambar 2.10	Benda <i>axisymmetric</i> .....	19
Gambar 2.11	Distribusi tekanan dan tegangan geser pada suatu <i>airfoil</i> .....	19
Gambar 2.12	Geometri elemen gaya pada <i>airfoil</i> .....	20
Gambar 2.13	Definisi luas planform dan luas frontal.....	21
Gambar 2.14	Tahanan permukaan pada plat datar .....	22
Gambar 2.15	Tahanan bentuk pada <i>bluff bodies</i> .....	23
Gambar 2.16	Lapisan batas viskos tipis pada suatu benda tipis dalam aliran dengan bilangan Reynolds tinggi .....	24
Gambar 2.17	Lapisan batas pada suatu pelat datar (ketebalan vertikal sangat ditingkatkan) .....	25
Gambar 2.18	Variasi koefisien tahanan terhadap bilangan Reynolds untuk benda dengan berbagai tingkat streamlining .....	25
Gambar 2.19	Efek <i>streamlining</i> pada pengurangan tahanan benda dua dimensi .....	27
Gambar 2.20	Geometri <i>blade</i> dengan variasi profil airfoil dan sudut <i>twist</i> .....	28
Gambar 2.21	Efisiensi aerodinamik pada plat datar.....	29
Gambar 2.22	Efisiensi aerodinamik berbagai airfoil untuk bilangan reynold $1 \times 10^5$ .....	29
Gambar 2.23	Efisiensi aerodinamik berbagai airfoil untuk bilangan Reynold $1,5 \times 10^5$ .....	30