



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**OPTIMASI SUDU TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL
DENGAN BATASAN FREKUENSI NATURAL MENGGUNAKAN
BASED GRADIENT METHOD DAN ALGORITMA GENETIKA**

TUGAS AKHIR

**IMANUEL NIKHOLAS ADI MAMESAH
L2E 605 229**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
MARET 2011**

TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama : Imanuel Nikholas Adi Mamesah
Nim : L2E 605 229
- Dosen Pembimbing : 1. Dr.-Ing. Ir. Ismoyo Haryanto, MT
2. Dr. Achmad Widodo, ST, MT
- Jangka Waktu : 1 Tahun 6 Bulan (Satu tahun enam bulan)
- Judul : Optimas Sudu Turbin Angin sumbu Horizontal dengan batasan Frekuensi Natural menggunakan *Based-gradient method* dan Algoritma Genetika
- Isi Tugas : 1. Melakukan simulasi menggunakan program Precomp dan Bmodes untuk mendapatkan sifat struktur sudu turbin angin dan frekuensi naturalnya.
2. Melakukan optimasi untuk mendapatkan massa minimum sudu turbin angin dengan bantuan program MATLAB dengan menggunakan dua jenis metode yang berbeda.

Semarang, Maret 2011

Menyetujui
Pembimbing I



Dr.-Ing. Ir. Ismoyo Haryanto, MT

NIP. 196605212006041010

Menyetujui
Pembimbing II



Dr. Achmad Widodo, ST, MT

NIP. 197307021999031001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Imanuel Nikholas Adi Mamesah

NIM : L2E 605 229

Tanda Tangan : 

Tanggal : Maret 2011




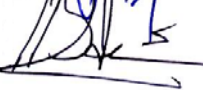
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Imanuel Nikholas Adi Mamesah
NIM : L2E 605 229
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Optimasi Sudu Turbin Angin Sumbu Horizontal dengan Batasan Frekuensi Natural Menggunakan Based-Gradient Method dan Algoritma Genetika.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

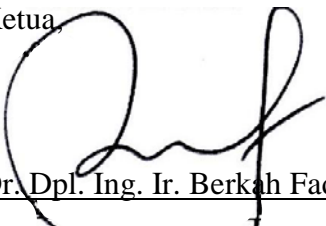
TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr.-Ing. Ir. Ismoyo Haryanto, MT ()
Pembimbing : Dr. Achmad Widodo, ST, MT ()
Penguji : MSK. Tony Suryo Utomo, PhD ()
Penguji : Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS ()

Semarang, 22 Maret 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,


Dr. Dpl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK
NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Imanuel Nikholas Adi Mamesah
NIM : L2E 605 229
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

OPTIMASI SUDU TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL DENGAN BATASAN FREKUENSI NATURAL MENGGUNAKAN BASED GRADIENT METHOD DAN ALGORITMA GENETIKA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal: Maret 2011
Yang menyatakan



(Immanuel Nikholas Adi Mamesah)
NIM. L2E 605 229

ABSTRAK

Energi listrik merupakan sebuah bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan manusia. Penggunaan sumber energi fosil yang umum digunakan pada saat ini memberikan pengaruh negatif pada lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan sumber energi yang ramah lingkungan dan terbarukan harus dimulai dari sekarang. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang persediaannya tidak terbatas, salah satunya adalah Angin. Dalam penerapan pemanfaatan energi angin sebagai pembangkit listrik, diperlukan turbin angin dimana salah satu komponen utamanya adalah blade (sudu). Pada pengoperasiannya sudu turbin ini akan berputar akibat adanya aliran angin dengan kecepatan tertentu. Putaran sumbu ini selanjutnya ditransmisikan melalui mekanisme tertentu untuk memutar generator sehingga dihasilkan listrik. Karena dalam pengoperasiannya sudu turbin angin bersifat dinamis maka aspek putaran menjadi pertimbangan utama.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan Simulasi dan optimasi sudu turbin angin sumbu horizontal. Jenis sudu turbin angin sumbu horizontal yang dipakai adalah homogen. Simulasi dilakukan dengan menggunakan program Precomp dan Bmodes yang berfungsi untuk mendapatkan sifat struktur sudu turbin dan frekuensi natural, keduanya dibuat oleh National Renewable Energy Laboratory. Optimisasi dilakukan menggunakan optimization toolbox dari MATLAB R2008b dengan dua metode yaitu based-gradient method dan algoritma genetika dengan design variable ketebalan pada lapisan kulit permukaan dan spar sudu turbin angin, dengan variasi yang digunakan adalah kecepatan putar rotor 10 rpm, 50 rpm dan 70 rpm. Optimasi tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan massa sudu turbin angin seminimal mungkin tanpa mengubah karakteristik dinamisnya.

Hasil simulasi mendapatkan nilai total massa sudu turbin sebesar 1998 Kg dengan frekuensi natural 1.8737 Hz pada kecepatan putar rotor 10 rpm, 2.1375 Hz pada kecepatan 50 rpm dan 2.3649 Hz pada kecepatan 70 rpm. Setelah dilakukan proses optimasi menggunakan MATLAB didapatkan massa minimum total sudu turbin sebesar 1014.821 Kg dengan frekuensi natural 1.8821 Hz pada kecepatan putar rotor 10 rpm, 1014.825 Kg dengan frekuensi natural 2.1383 Hz pada kecepatan 50 rpm dan 1014.826 Kg dengan frekuensi natural 2.3670 pada kecepatan putar rotor 70 rpm.

Kata kunci : sudu turbin angin, simulasi, optimasi, precomp, bmodes, matlab

ABSTRACT

Electricity has become the unseparated part in human's life, at the other hand fossil energy sources that are commonly used at present give a negative influence on environment. Therefore, the use of environmentally friendly energy sources and renewable must be started now. Renewable energy sources are unlimited energy sources, one of these is wind energy. In order to realize the wind energy, it need wind turbine which one of its main component is the blade. In its operating turbine blade will rotate due to the wind flow with a certain speed. Rotation axis is then transmitted via a specific mechanism to rotate a generator to produce electricity. Because the wind turbine blade operate in dynamic nature, the aspects of rotation to be a major consideration.

In this final project simulation and optimization of horizontal axis wind turbine blades will be conducted. Simulation is accomplished using the Precomp and Bmodes that serves to get the turbine blade structural properties and natural frequencies. both are created by the National Renewable Energy Laboratory. Optimization is conducted using the optimization toolbox of MATLAB R2008b with two methods, there are based-gradient method and genetic algorithm. with design variables are thickness of skin layer on the surface and spars of wind turbine blades, with variation of rotor speed 10 rpm, 50 rpm and 70 rpm. Optimization is intended to obtain a minimum mass of blade without changing the dynamic characteristics.

The simulation results have a total mass value of the turbine blade of 1998 Kg with a natural frequency 1.8737 Hz at 10 rpm rotor speed, 2.1375 Hz at a speed of 50 rpm and 2.3649 Hz at a speed of 70 rpm. After process optimization using MATLAB obtained a total minimum mass of the turbine blades is 1014.821 Kg with natural frequency of 1.8821 Hz at rotor rotation speed 10 rpm, 1014,825 Kg for natural frequency 2.1383 Hz with rotation speed 50 rpm and 1014,826 Kg with a natural frequency of 2.3670 Hz on the rotor speed 70 rpm.

Keyword : wind turbine blade, simulation, optimization, precomp, bmodes, matlab

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan YME atas berkat, rahmat dan anugerahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul “Optimasi sudu turbin angin sumbu horizontal dengan batasan frekuensi natural menggunakan based-gradient method dan algoritma genetika” 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 terimakasih setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penyusun selama penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Dr.-Ing. Ir. Ismoyo Haryanto, MT selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
2. Dr. Achmad Widodo, ST, MT selaku co-Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun untuk menyusun Tugas Akhir ini.
3. Segenap dosen dan staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah membagikan ilmu yang berguna baik di masa sekarang maupun di masa yang akan datang.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semarang, Maret 2011

Penulis

MOTTO

**Think massively.....,
And succeeded will always follow you**

PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua dan kakak atas doa dan semangat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Om gatot atas kesempatan, bimbingan dan nasehat-nasehat yang diberikan sehingga penulis dapat bersekolah dan menyelesaikan pendidikan pada jenjang perguruan tinggi ini.
3. Untuk Yulia Dewi P.S atas perhatian, semangat dan doanya sehingga penulis dapat cepat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman-teman Teknik Mesin UNDIP Angkatan 2005 yang telah memberikan dukungan selama penulis menyusun laporan Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR SIMBOL	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.	1
1.2 Tujuan Penulisan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	5

BAB II DASAR TEORI

2.1 Energi Angin	6
2.2 Turbin Angin	7
2.3 Desain Sudu turbin	10
2.3.1 Airfoil	10
2.4 Metode Elemen Hingga	13
2.5 Konsep Getaran	18
2.6 Efek Giroskopik	20

2.6.1	Efek Giroskopik pada Turbin Angin	28
2.7	Simulasi Turbin Angin	32
2.7.1	Precomp	33
2.7.2	Bmodes	34
2.8	Optimas Turbin Angin	37
2.8.1	Based-gradient Method	40
2.8.2	Algoritma Genetika	41
BAB III	PERANCANGAN SUDU TURBIN ANGIN	
3.1	Data sudu turbin angin horizontal tiga sudu	46
3.2	Pemodelan pada Precomp	52
3.2.1	Data Airfoil	52
3.2.2	Data Material	55
3.2.3	Data Main input	56
3.2.4	Data Struktur Internal	57
3.3	Pemodelan pada Bmodes	58
3.3.1	Main Input File	59
BAB IV	PEMODELAN DAN OPTIMISASI SUDU TURBIN ANGIN	
4.1	Pemodelan Sudu Turbin Angin	60
4.2	Melakukan Simulasi	63
4.3	Analisa Data Hasil Simulasi	66
4.4	Optimisasi Sudu Turbin Angin Menggunakan MATLAB	68
4.5	Hasil Optimisasi	74
4.5.1	Hasil Optimisasi menggunakan Based-gradient Method	74
4.5.2	Optimisasi menggunakan algoritma genetika	76
4.5.3	Perbandingan Hasil Optimisasi Pada Kedua Metode	78
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	80

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

xix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Vertical Axis Wind Turbine</i>	8
Gambar 2.2	<i>Horizontal Axis Wind Turbine</i>	9
Gambar 2.3	Turbin angin <i>upwind</i> dan <i>downwind</i>	9
Gambar 2.4	Penampang sudu turbin angin	10
Gambar 2.5	Airfoil	11
Gambar 2.6	Variasi Geometri Sudu Turbin	13
Gambar 2.7	Elemen Garis	15
Gambar 2.8	Elemen Bidang	15
Gambar 2.9	Elemen Volume	15
Gambar2.10a	Model elemen garis	16
Gambar2.10b	Model struktur gabungan dua elemen garis	16
Gambar 2.11	Gerak Harmonik	18
Gambar 2.12	Putaran Poros	22
Gambar 2.13	Momen inersia Polar dan diametrik roda	23
Gambar 2.14	Translasi dan Rotasi	24
Gambar 2.15	Hubungan Pusaran dan Spin	26
Gambar 2.16	Hubungan antara pusaran dan frekuensi natural	27
Gambar 2.17	Rotor Turbin Angin sumbu Horizontal	28
Gambar 2.18	Kondisi untuk mendefinisikan komponen vektorial gaya	29
Gambar 2.19	Posisi $T_w > T_c$	30
Gambar 2.20	Posisi $T_w < T_c$	30
Gambar 2.21	Posisi $T_c = T_w$	31
Gambar 2.22	Posisi $T_c - T_w$	31
Gambar 2.23	Pembagian jenis program simulasi pada NREL	32
Gambar 2.24	Bagan tahapan simulasi precomp yang akan dilakukan	33
Gambar 2.25	Bagan tahapan simulasi bmodes yang akan dilakukan	34
Gambar 2.26	Batang dibagi menjadi 15 elemen derajat kebebasan	35
Gambar 2.27	Pendekatan teknis dan prinsip kerja komputasi Bmodes	36
Gambar 2.28	Tahapan Optimisasi Secara Umum	39

Gambar 2.29	Flow chart algoritma genetika untuk satu populasi	45
Gambar 3.1	Struktur dalam sudu turbin	47
Gambar 3.2	Struktur luar sudu turbin	47
Gambar 3.3	Sudu turbin dari sisi depan	48
Gambar 3.4	Sudu turbin dari atas	49
Gambar 3.5	Sudu turbin dari bawah	49
Gambar 3.6	Sudu turbin dari samping	50
Gambar 3.7	Sudu turbin keseluruhan	51
Gambar 3.8	File Main Input	52
Gambar 3.19	Airfoil S814	54
Gambar 3.10	Contoh file materials.inp	55
Gambar 3.11	File blade sec props.pci	56
Gambar 3.12	file blade sec props.dat	58
Gambar 3.13	File main input	59
Gambar 4.1	<i>Archive</i> Precomp setelah terekstrak	61
Gambar 4.2	<i>Archive</i> Bmodes setelah terekstrak	61
Gambar 4.3	Diagram alir simulasi gabungan precomp dan bmodes	62
Gambar 4.4	Simulasi menggunakan Precomp pada command prompt	64
Gambar 4.5	Simulasi menggunakan Bmodes pada command prompt	64
Gambar 4.6	file output blade <i>sec props.out.bmd</i>	65
Gambar 4.7	file output <i>blade.out</i>	65
Gambar 4.8	Hasil simulasi dengan variasi kecepatan rotor pada Bmodes	67
Gambar 4.9	Hasil simulasi dengan variasi kecepatan rotor pada ANSYS	67
Gambar 4.10	Diagram alir proses optimisasi pada MATLAB	68
Gambar 4.11	M-File untuk melakukan optimisasi	70
Gambar 4.12	Mengakses <i>optimization toolbox solver</i> melalui <i>start menu</i> Matlab	71
Gambar 4.13	<i>Optimization toolbox solver</i>	72
Gambar 4.14	Massa keluaran hasil optimasi menggunakan based-gradient method	76
Gambar 4.15	Massa keluaran hasil optimasi menggunakan algoritma genetika	77
Gambar 4.16	Massa keluaran hasil optimasi kedua metode	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi angin	7
Tabel 2.2	Kelompok airfoil NREL	12
Tabel 3.1	Spesifikasi sudu turbin	46
Tabel 3.2	Data koordinat airfoil S814	53
Tabel 3.3	Input data material	55
Tabel 3.4	Input data struktur internal	57
Tabel 4.1	Hasil simulasi Bmodes dan ANSYS kecepatan 10 rpm	66
Tabel 4.2	Hasil simulasi Bmodes dan ANSYS kecepatan 50 rpm	66
Tabel 4.3	Hasil simulasi Bmodes dan ANSYS kecepatan 70 rpm	66
Tabel 4.4	Nilai massa dan frekuensi sebelum optimasi	75
Tabel 4.5	Nilai massa dan frekuensi setelah optimasi	75
Tabel 4.6	Nilai massa dan frekuensi setelah optimasi	77

DAFTAR SIMBOL

<i>A</i>	Luas penampang (m^2)
<i>B</i>	Jumlah sudu
<i>C</i>	Besar chord (m)
<i>E1</i>	Modulus young arah utama (N/m^2)
<i>E2</i>	Modulus young arah lateral (Pa)
<i>G12</i>	Modulus geser (Pa)
<i>Nu12</i>	Posion rasio
<i>Bl</i>	Panjang blade (m)
<i>E_k</i>	energi kinetik (Nm)
<i>F</i>	Gaya (N)
<i>L_b</i>	Batas bawah optimisasi
<i>m</i>	Massa (kg)
<i>R</i>	Jari-jari sudu (m)
<i>r</i>	Jarak stasiun dari leading edge (m)
<i>U_b</i>	Batas atas optimisasi
<i>x₀</i>	Nilai tebakan awal