

## HALAMAN JUDUL



### JUDUL

**“RANCANG BANGUN ROTOR TURBIN ANGIN SUMBU  
HORIZONTAL MENGGUNAKAN *AIRFOIL* NACA 4415  
DENGAN BAHAN *FIBER REINFORCED PLASTIC (FRP)*”**

### TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya**

**NAMA : M. FADHLURROHMAN FAQIH**

**NIM : 21050114090046**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN**

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI**

**SEKOLAH VOKASI**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**2018**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : M. Fadhlurrohman Faqih

NIM : 21050114090046

Tanda Tangan :

Tanggal : 15 April 2018



## TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 80 / VIII / TA / DIII TM / 2017

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut :

No.	NAMA	NIM	PEMBIMBING
1	Icho Hidayat Pa:mungkas	21050114060043	Drs. Wiji Mangestiyono, M.T NIP. 196102281986031002
2	M. Fadhlurrohman Faqih	21050114090046	
3	Azis Baskoro	21050114060050	
4	Ajib Kusprilaksana	21050114060052	
5	Mokhamad Almibtakul Zaironi	21050114060053	
6	Muhammad Ali Yapie	21050114060056	

Judul Proyek Akhir: RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN KAPASITAS 10 KW  
TAHAP 1

Isi Tugas :

1. Desain Airfoil
2. Desain Cetakan
3. Desain Pengecoran
4. Bahan Suda
5. Pengecoran
6. Pengujian

Proposal TA harus disetujui Dosen Pembimbing dan diserahkan Program Studi paling lambat 2 bulan setelah Surat Tugas ini diterima. Tugas Akhir harus diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak Proposal TA disetujui Dosen Pembimbing, serta diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 18 Mei 2017.....

Ketua PSD III Teknik, Mesin

**Bambang Setyoko, ST, M.Eng**  
NIP. 196809011998021001

Surat Tugas dicetak 3 lbr utk :

1. Dosen Pembimbing TA
2. Mahasiswa ybs.

## HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Dengan ini menerangkan bahwa Laporan Tugas Akhir dengan judul :  
“Rancang Bangun Rotor Turbin Angin Sumbu Horizontal Menggunakan  
*Airfoil* NACA 4415 Dengan Bahan *Fiber Reinforced Plastic* (FRP)” yang  
telah disusun oleh :

Nama : M. Fadhlurrohman Faqih  
NIM : 21050114090046  
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin  
Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro

Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada :

Hari : Rabu  
Tanggal : 28 Februari 2018

Semarang, 15 April 2018

Ketua PSD III Teknik Mesin  
SV Universitas Diponegoro

Dosen Pembimbing

**Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes**

**Drs. Wiji Mangestiyono, MT**

NIP.196204211986031002

NIP. 196102281986031002

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : M. Fadhlurrohman Faqih

NIM : 21050114090046

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : “Rancang Bangun Rotor Turbin Angin Sumbu Horizontal Menggunakan *Airfoil* NACA 4415 Dengan Bahan *Fiber Reinforced Plastic* (FRP)”

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

### TIM PENGUJI

**Ttd.**

**Pembimbing : Drs. Wiji Mangestiyono, MT** (.....)

**Penguji 1 : Drs. Wiji Mangestiyono, MT** (.....)

**Penguji 2 : Seno Darmanto, S.T., MT** (.....)

**Penguji 3 : Sri Utami, S.T., MT** (.....)

Semarang, 15 April 2018

Ketua PSD III Teknik Mesin

SV Universitas Diponegoro

**Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes**

NIP. 196204211986031002

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : M. Fadhlurohman Faqih  
NIM : 21050114090046  
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin  
Fakultas : Sekolah Vokasi  
Jenis Karya : Tugas Akhir

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

**“RANCANG BANGUN ROTOR TURBIN ANGIN MENGGUNAKAN  
AIRFOIL NACA 4415 DENGAN BAHAN *FIBER REINFORCED PLASTIC* (  
FRP )”**

Dengan Hak Bebas Royalti / Nonekseklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihkan media / *formatkan*, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Semarang  
Pada Tanggal : 15 April 2018  
Yang menyatakan,

(M. Fadhlurrohman Faqih)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, tiada henti-hentinya penulis mengucapkan syukur kepada Allah *Subhanahu Wata'ala*. Atas ridho-Nya, akhirnya penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam penulis kirimkan kepada Rosululloh *Sallallahu 'Alaihi Wasallam*, sehingga sampai sekarang indahnya iman dan Islam masih terasa. Bantuan dari berbagai pihak pun, tak luput dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, baik bantuan secara materi, spiritual, informasi, motivasi. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. ALLAH SWT atas rahmat dan karunia-Nya.
2. Orang tua yang telah memberikan kepercayaan dan dukungan secara moral dan material kepada kami.
3. Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes. Selaku ketua jurusan PSD III Teknik Mesin yang telah mengizinkan kami membuat Tugas Akhir.
4. Bapak Drs. Wiji Mangestiyono, MT dan Bapak Alaya Fadlu H.M, ST, M.Eng selaku dosen pembimbing beserta dosen wali yang telah membimbing kami selama proses pengerjaan sampai laporan selesai.
5. Dosen yang telah membimbing dan membekali ilmu kepada kami.
6. Bapak teknisi yang telah membantu dan menyediakan sarana dan prasarana.
7. Teman – teman kelompok TA
8. Teman – teman yang telah membantu dan memberikan semangat.
9. Keluarga besar Universitas Diponegoro Semarang.

## HALAMAN MOTTO

"Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali setiap kali kita jatuh."

**(Confusius)**

"Apabila anda berbuat kebaikan kepada orang lain, maka anda telah berbuat baik terhadap diri sendiri."

**(Benyamin Franklin)**

"Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak."

**(Aldus Huxley)**

"Kebanyakan dari kita tidak mensyukuri apa yang sudah kita miliki, tetapi kita selalu menyesali apa yang belum kita capai."

**(Schopenhauer)**

"Hiduplah seperti pohon kayu yang lebat buahnya ; hidup di tepi jalan dan dilempari orang dengan batu, tetapi dibalas dengan buah."

**(Abu Bakar Sibli)**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Rancang Bangun Rotor Turbin Angin Menggunakan *Airfoil* NACA 4415 dengan Bahan *Fiber Reinforced Plastic (FRP)*”** dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan bimbingan serta saran dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. ALLAH *Subhanahu Wata'ala* atas rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini terselesaikan dengan baik.
2. Prof Dr. Ir. Budiyono, M.Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang
3. Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes. Selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Drs. Wiji Mangestiyono, MT dan Alaya Fadlu H.M ST,M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir dan dosen wali yang terus sabar dalam membimbing dan selalu memberi masukan yang sangat bermanfaat, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Dosen Program Studi Diploma III Teknik Mesin yang sudah memberikan bimbingan dan ilmu yang tidak ternilai harganya.
6. Para teknisi dan staf jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

7. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan, doa dan motivasi yang tak ternilai harganya.
8. Teman – teman angkatan 2014 PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.
9. Teman – teman seperjuangan mahasiswa Universitas Diponegoro yang telah banyak berdiskusi dan bekerjasama dengan penulis selama masa pendidikan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penelitian dan pengembangan selanjutnya.

Semarang, 12 April 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN SURAT TUGAS.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN MOTTO .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
ABSTRAK.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1. Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2. Maksud dan Tujuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3. Manfaat Tugas Akhir.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4. Batasan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5. Sistematika Penyusunan Laporan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Pengertian Energi Terbarukan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.1. Definisi Energi Angin .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.2. Pengukuran Energi Angin .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

2.1.3. Deskripsi Turbin Angin Poros Horisontal.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.4. Propeler <i>Airfoil</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.5. Gaya – Gaya pada Propeler .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1. <i>Airfoil</i> NACA 4415 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2. Dasar Perhitungan Sudu Turbin .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2.1. Kebutuhan Energi Listrik KWH dalam 1 Tahun. ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2.2. Perhitungan Kebutuhan Energi dalam 1 Tahun	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2.3. Energi yang Tersedia KW/m <sup>2</sup> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2.4. Perhitungan Diameter .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3. Pembuatan Rotor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.1. Pembuatan Cetakan sampai Pembersihan Cetakan Setelah Pengecoran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.2. Rencana Pengecoran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.3. Pengecoran Rotor <i>Blade</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB III METODOLOGI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1. Desain <i>Airfoil</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.1. Perhitungan Desain Rotor <i>Blade</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.2. Aplikasi Desain .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2. Pembuatan Cetakan <i>Blade</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.1. Penyusunan <i>Airfoil</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.2. Pembuatan <i>Upper</i> dan <i>Lower</i> Cetakan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.3. Cetakan <i>Hub</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.4. Desain <i>Flanges Hub</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3. Pemilihan Alat dan Bahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.1. Alat- Alat yang digunakan dalam Proses Pembuatan Sudu dan Cetakan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.2. Bahan-Bahan yang digunakan dalam Pembuatan Cetakan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.3. Bahan-Bahan yang digunakan dalam Proses Pengecoran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.4. Proses embuatan Cetakan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.1. Pemasangan Cetakan <i>Airfoil</i> Bagian Dalam .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.2. Pemasangan Cetakan <i>Flanges Hub</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.3. Pemasangan Plat Seng pada Cetakan....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.4. Pengecekan Cetakan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5. Rencana Pengecoran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5.1. <i>Fabrication Method</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5.2. Bahan Coran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5.3. Rencana Pengecoran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6. Pembuatan <i>Flanges Hub</i> dan Proses Pengecoran..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.1 Pembuatan Inti Cetakan ( <i>Flanges Hub</i> ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.2. Proses Pengecoran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB IV HASIL PEMBAHASAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1. Hasil <i>Airfoil</i> , Hasil Cetakan, Hasil Pengecoran, Balancing dan Perhitungan Kekuatan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3. Deskripsi Hasil Pengecoran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.5. Perhitungan Kekuatan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.5.2. Menghitung <i>Lift Force</i> dan <i>Drag Force</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.5.5. Menghitung Kekuatan Tarik Sudu terhadap Beban Sentrifugal dari Putaran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB V PENUTUP.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1. Kesimpulan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2. Saran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1. Kecepatan angin pada berbagai wilayah di Indonesia..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.2. Estimasi kebutuhan energi tiap rumah..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.3. Nilai dari  $k, c, \tilde{v}_{weibull}$  dan  $\tilde{v}_{calc}$ .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.2. Menghitung nilai  $\lambda$ .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.3. Menghitung sudut total  $\emptyset$  .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.4. Menghitung *setting angle* ( $\beta$ ).....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.5. Menghitung *chord* (C) .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.6. *Linearized blade chord* (C).....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.7. *Linearized setting angle* ( $\beta$ ).....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.8. *Airfoil* NACA 4415.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.9. Data  $Y_{upper}$  dan  $Y_{lower}$  .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.10. Data  $Y_{upper}$  dan  $Y_{lower}$  setelah *dilinearized* .. **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.12. *Typical fiberglass reinforcements***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.13. Konstruksi kain *woven roving* .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.14. Spesifikasi *unsaturated polyester resin yukalac 157® BTQN-EX*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.1. Pengukuran berat .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.2. Hasil pengukuran berat .....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.3. Panjang titik berat pada setiap *blade* sebelum *balancing* ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.4. Panjang titik berat dan berat pada setiap *blade* setelah *balancing* ...  
.....**Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1. Penggunaan energi (Indonesia outlook 2010, pusdatin ESDM)  
**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.1. Panas bumi di Indonesia .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2. Sketsa sederhana turbin angin..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3. Turbin horisontal (www.poweredbythernature.com) ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4. Komponen turbin .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5. Ketentuan dimensi *airfoil* NACA 4415 ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9. Urutan proses pengecoran.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.10. Bentuk *airfoil* NACA 4415.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.11. Pemasangan serat pada cetakan ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.12. Pemberian resin dan katalis .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.13. Pemasangan *flanges hub* .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.14. Penyeratan kembali .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.15. Penggabungan cetakan.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.16. Pelepasan cetakan dan *finishing*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4. Urutan *airfoil* .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.5. Bagian *upper* dan *lower airfoil*..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.7. Cetakan sekat *airfoil lower* .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.8. Desain *hub* .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.9. Cetakan *blade* beserta *hub* .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.10. Desain *flanges hub* .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.11. Kunci pas .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.12. Obeng ( + ) dan obeng ( - ) .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.13. Gerinda tangan .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.14. Bor tangan.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.15. Gunting .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.16. Meteran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.17. Amplas kasar ( a ) dan amplas halus ( b )....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.18. Tali .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.29. Jangka sorong.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.20. Mesin bubut .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.21. Mesin las listrik.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.22. Mesin bor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.23. Palu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.24 (a). Gergaji kayu.....	60
Gambar 3.24 (b). Gergaji besi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.26. Spidol .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.27. Mur dan baut.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.28. Lem CA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.29. Kayu triplek .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.30. Lembaran seng .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.31. Paku dan sekrup .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.32. Kertas karton.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.33. Lem kayu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.35. <i>Mat</i> 425 untuk <i>layer</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.36. Proses pemotongan filamen <i>yarn</i> secara acak .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.37. <i>Woven roving</i> 200 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.39. <i>Oz (cloth fiberglass mat)</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.40. <i>Yarn/ serat glass</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.41. Resin BQTN 157 ( resin merah) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.42. Katalis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.43. <i>Talk (extender)</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.44. <i>Wax mirror glaze</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.45. <i>Aseton</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.46. Plat besi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Gambar 3.48. Pemotongan cetakan berbentuk *airfoil* .. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.49. Pemasangan sekat bagian dalam..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.50. Pelubangan cetakan untuk *flanges hub* .. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.51. Penggabungan semua cetakan..**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.52. Pengemalan cetakan menggunakan kertas karton..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.53. Pemasangan plat seng .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.54. Penggabungan cetakan.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.55. Rencana pengecoran .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.56. *Layer* pengecoran.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.57. *Layer* 1 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.58. *Layer* 2 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.59. *Layer* 3 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.60. *Layer* 4 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.61. *Layer* 5 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.62. *Layer* 6 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.63. *Layer* 7 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.64. *Layer* 8 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.65. *Layer* 9 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.66. *Layer* 10 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.67. Besi sebelum dipotong.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.68. Besi yang sudah dilubangi .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.69. Pengelasan besi pejal .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.70. *Flanges hub* yang sudah jadi...**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.71. Memoles permolesan cetakan dengan *wax* ...**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.72. Peletakan *oz* pada permukaan cetakan... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.73. Pemolesan *oz* menggunakan adonan resin BQTN..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.74. Pelapisan *mat* pada *layer* .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.75. Pemasangan inti cetakan .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.76. Pelapisan *woven roving* dari titik R8 hingga R12..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.77. Penggabungan cetakan dan pemasangan clam ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.78. Cetakan setelah dibongkar .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.79. Perataan sudu .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.80. Proses memperkuat cetakan .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.81. Pengecekan kecacatan.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.82. Penghalusan sudu turbin .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.4. Uji dimensi panjang sudu .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6. Proses *balancing* .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9. Perhitungan *lift force* dan *drag force* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.10. Titik kritis patah akibat *drag force* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.11. Titik kritis patah akibat *lift force* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.12. Jumlah lapisan bahan .....**Error! Bookmark not defined.**

## **ABSTRAK**

Salah satu sebab langkanya sumber daya alam di dunia ini adalah semakin tingginya kebutuhan minyak dan gas (migas). Sementara tingginya migas tidak diimbangi dengan produksi dan sumber energi fosil memiliki kapasitas terbatas. Oleh sebab itu, dibutuhkan sumber daya energi yang terbarukan seperti energi angin, energi matahari, energi panas bumi, energi air, energi biomassa. Dalam kasus ini rancang bangun turbin angin merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini dan dalam proyek akhir ini penulis fokus pada proses rancang bangun rotor turbin angin sumbu horisontal menggunakan airfoil NACA 4415 dengan bahan *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)*.

Rancang bangun rotor turbin angin sumbu horisontal menggunakan desain *airfoil* NACA 4415 dengan mempertimbangkan kecepatan angin yang terukur /  $V$ -

*rated* sebesar 5 m/det dengan jumlah sudu sebanyak 3 buah dan diameter rotor 10 m dirancang memiliki *V-extreme* yang mampu menahan kecepatan angin sebesar 35 m/det. Proses pembuatan sudu turbin diawali dengan pembuatan desain *airfoil* NACA 4415 menggunakan *software autocad*, pembuatan cetakan menggunakan plat seng jenis *galvalum* dengan ketebalan 0,4 mm dan papan kayu/triplek dengan ketebalan 1,8 cm sesuai desain *airfoil* NACA 4415, pembuatan inti cetakan/*flanges hub* menggunakan lempengan besi cor ST 40 tebal 20 mm diameter luar 260 mm dan diameter 160 mm. Bahan utama pengecoran pembuatan sudu turbin menggunakan: resin BQTN, serat *fiberr glass* (*woven roving, mat* dan *oz*), *talk heigen*.

Diperoleh hasil pengujian berat tiap rotor sebesar 42 kg dengan jarak titik keseimbangan masing-masing ujung rotor sebesar 3,14 m, daya yang dihasilkan tiap rotor pada kecepatan angin maksimal sebesar 645090,1 W/sudu dengan lintasan sudu pada titik berat 39,2 m/det menghasilkan gaya yang diterima tiap sudu sebesar 1679,22 kg, *lift force* sebesar 1454,24 kg dan *drag force* sebesar 839,61 kg.

Sedangkan nilai kekuatan bahan coran dari hasil perbandingan fraksi yang dilakukan dalam pengecoran dengan fraksi presentase 7% serat *mat*, 14,5% *woven roving*, 7% *Oz* dan 71,5% resin BQTN maka diperoleh kekuatan sudu berdasarkan fraksi bahan mencapai 45,6 kg/cm<sup>2</sup> dan tegangan tarik izin sebesar 22,8 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci :** *Airfoil* NACA 4415, pengujian berat, titik keseimbangan, fraksi coran, kekuatan sudu, kecepatan angin.



