



**STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN BERSUDU 4 BUAH DAN 2  
BUAH PADA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ekik Yuris Wicaksono  
NIM 071910101084**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S-1)  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**

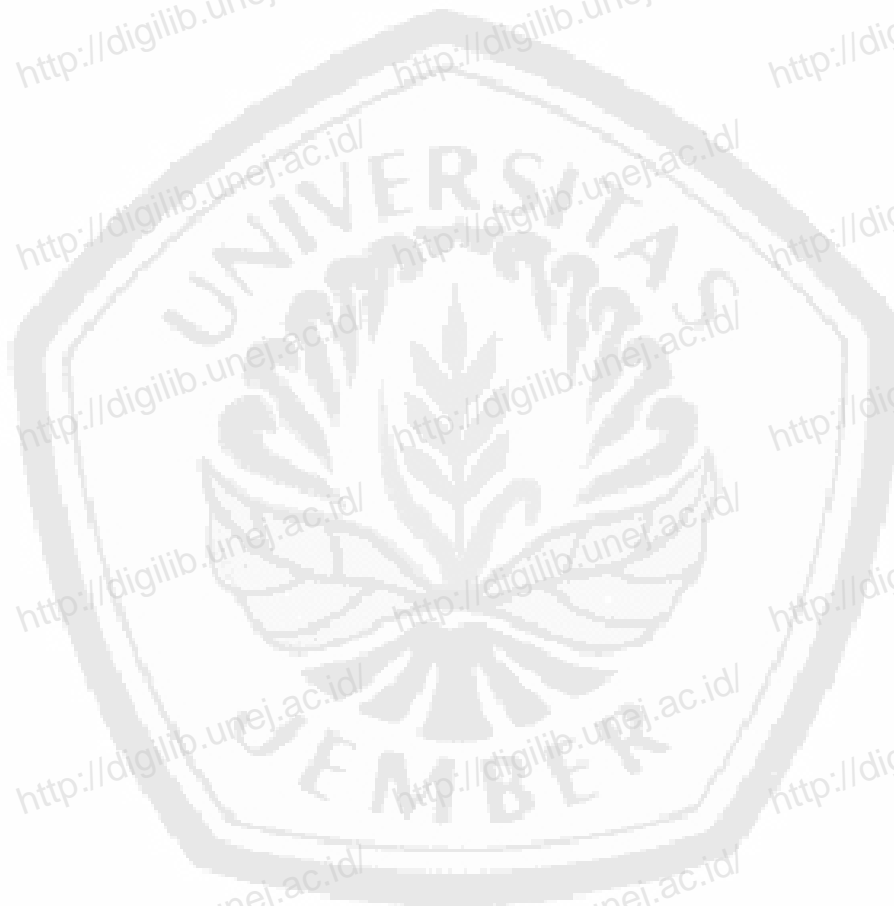
## **PERSEMBAHAN**

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran ALLAH SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Studi Eksperimental Turbin Bersudu 4 Buah dan 2 Buah pada Turbin Angin Sumbu Horisontal”** Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Allah S.W.T.
2. Rasulullah Muhammad SAW, Suri Tauladan Umat Manusia;
3. Bapak Purwoto dan Ibuku Eko Tjitrowati yang selalu memberikan dukungan baik doa maupun upayanya sampai terselesaikannya skripsi ini. Terima kasih banyak
4. Seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan dan do'a.
5. Semua Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu terutama Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T., dan Bapak Ir. Digdo Listyadi M.Sc., yang telah meluangkan waktu dan pikiran guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini, juga kepada Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. dan Bapak Andi Sanata S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang banyak memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini.
6. Seluruh Guru-guruku dari SD, SLTP, SMA dan Guru mengaji yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan ilmu.
7. Seluruh warga teknik mesin angkatan '05, '06, '08, yang saya hormati dan tak lupa angkatan 07 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang banyak memberikan warna dalam perjalanan 4,5 tahun ini, terima kasih teman.  
**”Solidarity Forever”.**

8. Seluruh warga rent house manggis XI Angger, Topek, Trik, Ofa, Gavi, Bambang, Ari, Edi, Discovery, Reza, dan ex. Rent house Mz Ari, Mz Erick. Thank for all.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.



## **MOTTO**

*Jadi Diri Sendiri, Cari Jati Diri, And Dapatkan Hidup Yang Mandiri  
Optimis, Karena Hidup Terus Mengalir Dan Kehidupan Terus Berputar  
Sesekali Liat Ke Belakang Untuk Melanjutkan Perjalanan Yang Tiada  
Berujung*

*“Hai orang-orang yang beriman, Jadikanlah sabar dan shalatmu  
Sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang  
sabar”*

*(Al-Baqarah: 153)*

*Keberhasilan tidak di ukur dari berapa besar hasil yang dicapai, tapi  
dari seberapa besar usaha untuk mencapai hasil tersebut*

*Lakukan yang terbaik dan semuanya akan indah pada waktunya...!!*

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Ekik Yuris Wicaksono**

NIM : **071910101084**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: **“Studi Eksperimental Turbin Bersudu 4 Buah dan 2 Buah pada Turbin Angin Sumbu Horisontal”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 1 November 2012

Yang menyatakan,

Ekik Yuris Wicaksono

NIM. 071910101084

**SKRIPSI****Studi Eksperimental Turbin Bersudu 4 Buah Dan 2 Buah  
Pada Turbin Angin Sumbu Horizontal**

Oleh :

**Ekik Yuris Wicaksono  
NIM 071910101084**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**Studi Eksperimental Turbin Bersudu 4 Buah dan 2 Buah pada Turbin Angin Sumbu Horisontal**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Jumat

Tanggal : 2 November 2012

Tempat : Lab. Mekatron Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc  
NIP 19680617 199501 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.  
NIP 19681207 199512 1 002

Andi Sanata, S.T., M.T.  
NIP 19750502 200112 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi M.T.  
NIP 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Studi Eksperimental Turbin Bersudu 4 Buah dan 2 Buah pada Turbin Angin Sumbu Horisontal;** Ekik Yuris Wicaksono, 071910101084; 2012: 0 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Berkurangnya cadangan sumber energi khususnya minyak bumi dan energi fosil pada umumnya merupakan persoalan penting saat ini terutama keterkaitannya sebagai sumber bahan bakar pembangkit tenaga listrik dan dampak yang ditimbulkannya pada kerusakan lingkungan dan perubahan iklim.

Meninjau masalah diatas, maka diperlukan suatu sumber energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil khususnya sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik untuk keperluan rumah tangga. Energi listrik dapat dibangkitkan dari beberapa sumber energi alternatif pembangkit alternatif yang tersedia di alam, salah satunya energi angin. Kondisi alam yang sangat berpotensi menghasilkan tiupan angin yang fluktuatif dari tahun ke tahun, sangat mungkin untuk digunakan turbin angin pembangkit listrik skala kecil.

Turbin Angin Sumbu Horisontal merupakan jenis turbin angin yang paling sederhana dan versi besar dari anemometer. Turbin Angin sumbu Horisontal dapat berputar karena adanya gaya angkat (lift).

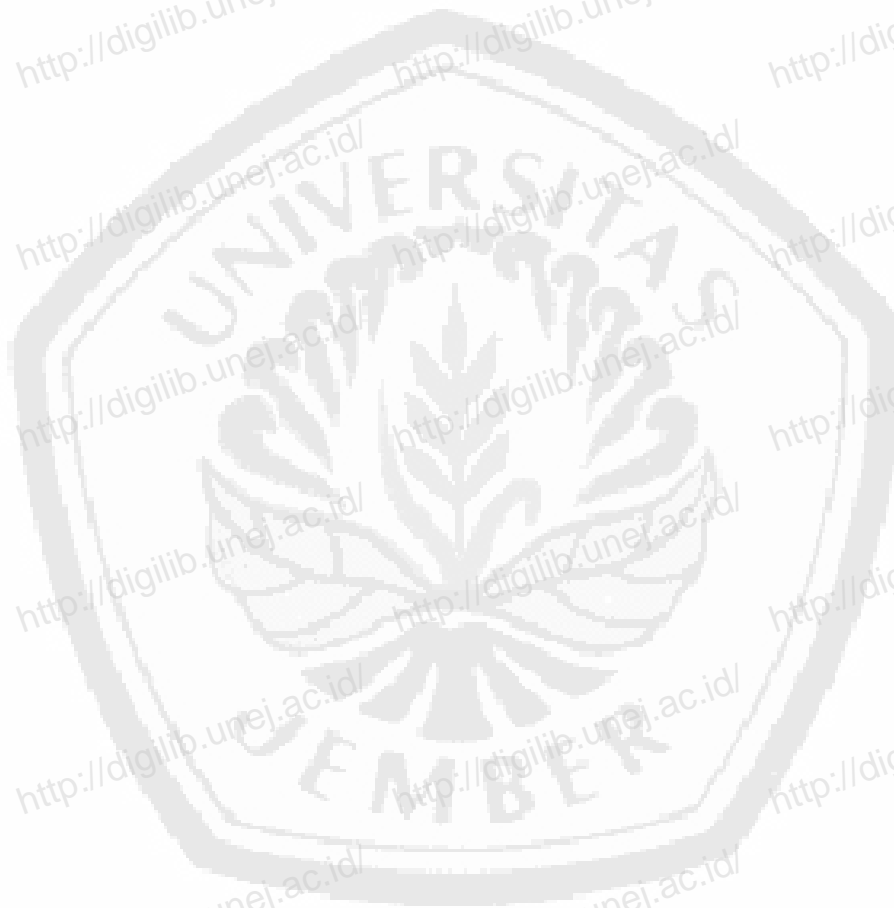
Dalam penelitian ini Turbin Angin Sumbu Horisontal diberi perlakuan berupa perbandingan jumlah sudu 4 buah dan 2 buah yang akan diuji dengan menggunakan cara eksperimen dan simulasi dengan mengambil data pada kecepatan 1,5 m/s, 2 m/s, 2,5 m/s, 3 m/s, 3,5 m/s, 4 m/s; 4,5 m/s; 5 m/s. Analisa yang dilakukan meliputi torsi, rpm, dan daya.

Dari hasil pengujian didapatkan daya efektif tertinggi didapatkan pada kecepatan angin 5 m/s dengan daya sebesar 1,36 Watt menggunakan 4 buah sudu.

Dari hasil pengujian didapatkan torsi tertinggi didapatkan pada kecepatan angin 5 m/s dengan torsi sebesar 0,13 Nm menggunakan 4 buah sudu.



Dari hasil pengujian didapatkan RPM tertinggi didapatkan pada kecepatan angin 5 m/s dengan RPM sebesar 108,33 dengan menggunakan 2 buah sudu dan RPM terkecil didapatkan pada kecepatan 1,5 m/s dengan menggunakan 4 buah sudu.



## SUMMARY

**Experimental Study of the Turbine Blade 4 Pieces and 2 Pieces on Horizontal Axis Wind Turbine;** Ekik Yuris Wicaksono, 071910101084; 2012: 0 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The decreased reserves of energy resources, especially petroleum and fossil energy in general is an important issue today relates primarily as a source of fuel power plants and their impact on environmental degradation and climate change.

Reviewing the above problems, we need a source of alternative energy to reduce dependence on fossil energy sources, especially as fuel power generation for domestic use. Electrical energy can be generated from several alternative energy sources alternative power available in nature, one of which wind energy. Natural conditions that are potentially generate winds which fluctuate from year to year, it is possible to use wind turbines generating electricity on a small scale.

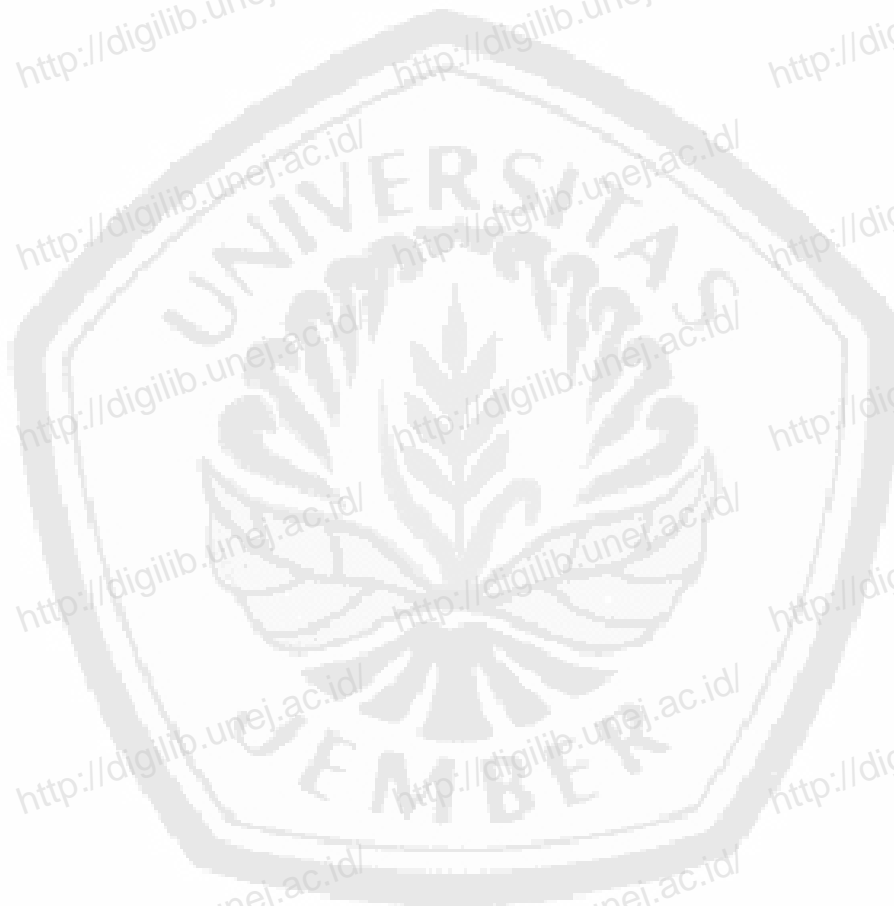
Horizontal Axis Wind Turbine is a type of wind turbine is the simplest and large versions of the anemometer. Horizontal Axis Wind Turbines can rotate because to the lift force.

In this study, Horizontal Axis Wind Turbine is treated in the form of a comparison of blade 4 pieces and 2 pieces to be tested by using the means of the experiments and simulations by taking the data at a speed 1,5 m/s, 2 m/s, 2,5 m/s, 3 m/s, 3,5 m/s, 4 m/s, 4,5 m/s, 5 m/s. the analysis was conducted on the torque, rpm, and power.

From the test results obtained effective power obtained at the highest wind speed of 5 m/s with a power of 1,36 watt using 4 pieces of blades.

From the test results obtained the highest torque obtained at wind speeds of 5 m/s with a torque of 0,13 Nm using 4 pieces of blades.

From the test results obtained highest RPM found in wind speed of 5 m/s with the RPM of 108,33 by using 2 pieces of blade and the RPM smallest obtained at a speed of 1,5 m/s by using 4 pieces blade.



## PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur ke hadirat ALLAH SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Studi Eksperimental Turbin Angin Bersudu 4 Buah dan 2 Buah pada Turbin Angin Sumbu Horisontal*. Shalawat serta salam semoga tercurah pada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini mengalami berbagai kendala karena keterbatasan dan kemampuan penulis. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan rasa tulus dan ikhlas penulis mengucapkan terima kasih kepada:

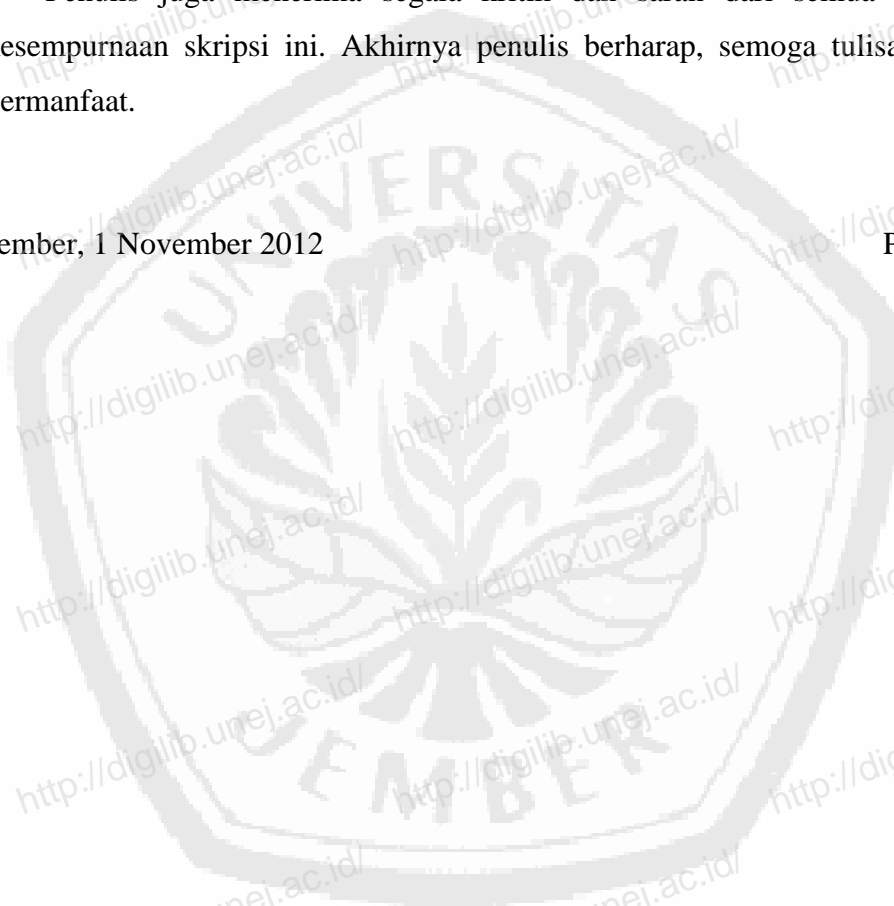
1. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Andi Sanata, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember;
3. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku DPU, dan Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
4. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T, M.T, selaku dosen penguji I dan Bapak Andi Sanata, S.T., M.T. selaku dosen penguji II
5. Ayahanda dan Ibunda tercinta terima kasih atas semua doa, semangat, motivasi dan kasih sayang kalian semua sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
6. Teman-teman seperjuanganku *Seven Engine '07*, terima kasih atas motivasi dan do'a yang kalian berikan serta seluruh Angkatan '06 dan '08;

7. Mbak Halimah, selaku staf administrasi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, terima kasih atas bantuannya dalam kelancaran pembuatan skripsi;
8. Staf Fakultas Teknik Universitas Jember;
9. Seluruh asisten laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 1 November 2012

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Energi Angin</b> .....	4
2.1.1 Daya Energi Angin.....	4
2.1.2 Kecepatan Angin.....	5
<b>2.2 Kincir Angin</b> .....	7
<b>2.3 Jenis – Jenis Turbin Angin</b> .....	9
2.3.1 HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine).....	9
2.3.2 VAWT (Vertical Axis Wind Turbine).....	11

<b>2.4 Efisiensi Rotor .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5 Turbin Angin Sumbu Horisontal (TASH) .....</b>	<b>15</b>
2.5.1 Kelebihan Turbin Angin Sumbu Horisontal (TASH) .....	16
2.5.2 Kelemahan Turbin Angin Sumbu Horisontal (TASH) .....	16
<b>2.6 Daya, Torsi dan Kecepatan .....</b>	<b>18</b>
<b>2.7 Gaya Hambat (drag) dan Lift .....</b>	<b>22</b>
<b>2.8 Pemilihan Tempat .....</b>	<b>23</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Metodologi Penelitian .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Variabel Penelitian .....</b>	<b>25</b>
3.2.1 Variabel Bebas.....	25
3.2.2 Variabel Terikat.....	25
<b>3.3 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Alat dan Bahan .....</b>	<b>26</b>
<b>3.5 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>26</b>
<b>3.6 Sumber Data .....</b>	<b>27</b>
<b>3.7 Cara Kerja dan Teknik Pengambilan Data .....</b>	<b>27</b>
<b>3.8 Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>29</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Hasil Pengujian .....</b>	<b>30</b>
4.1.1 Sketsa Sudut Serang terhadap Sudu pada Turbin Angin Sumbu Horisontal .....	30
4.1.2 Turbin Angin Sumbu Horisontal 4 Sudu dan 2 Sudu.....	30
<b>4.2 Hasil Perhitungan .....</b>	<b>32</b>
4.2.1 Tabel dan Grafik Perhitungan Turbin Angin Sumbu Horisontal 4 Sudu dan 2 Sudu .....	34

4.2.2 Perhitungan Tip Speed Ratio (TSR) dan Koefisien	
Power (Cp).....	37
4.2.2.1 Tip Speed Ratio (TSR).....	37
4.2.2.2 Koefisien Power.....	37
<b>4.3 Perhitungan Daya Teoritis.....</b>	<b>39</b>
4.3.1 Perhitungan Daya Teoritis Turbin Angin Sumbu	
Horisontal 4 sudu dan 2 sudu.....	39
<b>4.4 Efisiensi Turbin .....</b>	<b>42</b>
4.4.1 Rumus Perhitungan Efisiensi Daya Turbin .....	42
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>44</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>44</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>44</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>46</b>

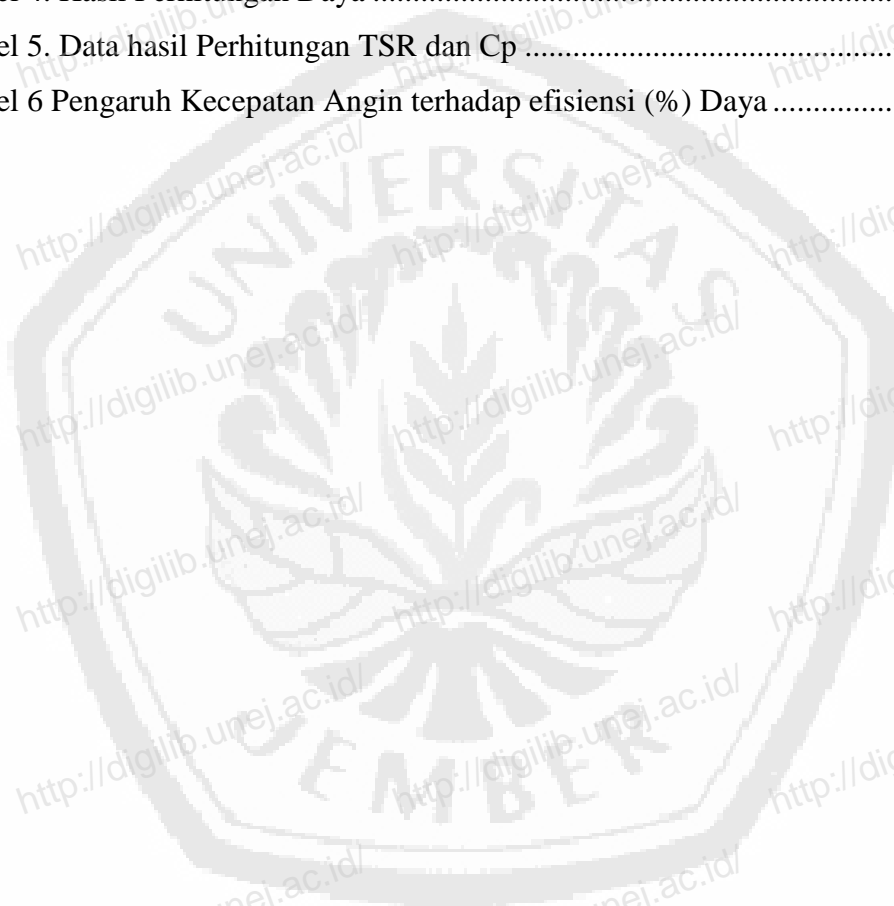


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan Kecepatan Angin terhadap Ketinggian Tertentu .....	6
Gambar 2.2	Prinsip Dasar Kincir Angin.....	8
Gambar 2.3	Rotor Horisontal.....	9
Gambar 2.4	Jenis – Jenis Kincir Angin Sumbu Horisontal .....	10
Gambar 2.5	Rotor Savonius .....	11
Gambar 2.6	Rotor Darrieus .....	12
Gambar 2.7	Berbagai Jenis Kincir dengan Sumbu Vertikal, Sumbu kombinasi dan lain - lain .....	13
Gambar 2.8	Berbagai Efisiensi Rotor dari Turbin .....	14
Gambar 2.9	(TASH) menggunakan 2 sudu.....	17
Gambar 2.10	(TASH) menggunakan 4 sudu.....	17
Gambar 2.11	Daya dan Torsi Yang Dihasilkan Kincir Angin pada Kecepatan Tertentu.....	18
Gambar 2.12	Daya dan Torsi sebagai Fungsi Putaran Pada Berbagai Kecepatan Angin .....	19
Gambar 2.13	TSR dan Cp pada Berbagai Jenis Turbin Angin .....	20
Gambar 3.1	Bentuk Sudu .....	27
Gambar 3.2	Prototype Turbin Horisontal.....	28
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian .....	29
Gambar 4.1	Sudut Serang pada Sudu .....	30
Gambar 4.2	Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin terhadap $n$ (rpm).....	31
Gambar 4.3	Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin terhadap Gaya .....	32
Gambar 4.4	Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin terhadap Torsi .....	35
Gambar 4.5	Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin terhadap Daya .....	36
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Daya Aktual Turbin.....	37
Gambar 4.7	Grafik Hubungan TSR terhadap Cp.....	39
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Kecepatan angin terhadap Efisiensi (%) .....	43

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Hasil Pengujian antara Kecepatan Angin terhadap $n$ (rpm).....	30
Tabel 2. Hasil Pengujian antara Kecepatan Angin terhadap Gaya .....	31
Tabel 3. Hasil Perhitungan Torsi .....	34
Tabel 4. Hasil Perhitungan Daya .....	36
Tabel 5. Data hasil Perhitungan TSR dan $C_p$ .....	38
Tabel 6 Pengaruh Kecepatan Angin terhadap efisiensi (%) Daya .....	42



## DAFTAR LAMPIRAN

A. A.1 Tabel Hasil Perhitungan Turbin Angin 4 Sudu .....	46
A.1 Tabel Hasil Perhitungan Turbin Angin 4 Sudu .....	46
B. B.1 Grafik Hubungan Kecepatan Angin terhadap rpm .....	47
B.2 Grafik Hubungan Kecepatan Angin terhadap gaya .....	48
B.3 Grafik Hubungan Kecepatan Angin terhadap torsi .....	49
B.4 Grafik Hubungan Kecepatan Angin terhadap daya .....	50
C. A. Perhitungan Daya Aktual Turbin Angin Sumbu Horizontal 4 Sudu dan 2 Sudu .....	50
a. Perhitungan Torsi .....	50
b. Perhitungan Kecepatan Angular .....	53
c. Perhitungan Daya Aktual.....	57
B. Perhitungan Tip Speed Ratio (TSR) dan Koefisien Power (Cp) pada turbin Angin Sumbu Horizontal 4 Sudu dan 2 Sudu.....	60
a. Perhitungan Tip Speed Ratio (TSR).....	60
b. Perhitungan Koefisien Power (Cp).....	63
D. Gambar 1. Prototype Turbin Horizontal 4 Sudu.....	68
Gambar 2. Prototype Turbin Horizontal 2 Sudu.....	68
Gambar 3. Prototype Cerobong Angin (tampak depan).....	69
Gambar 4. Prony Brake .....	69
Gambar 5. Pegas Ukur.....	70
Gambar 6. Tachometer .....	70
Gambar 7. Anemometer .....	71

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Isu perubahan iklim dan penggunaan besar-besaran bahan bakar fosil dalam proses produksi yang terlihat saat ini menuntut banyak pihak untuk berfikir ulang dalam menggunakan bahan bakar fosil, khususnya minyak dan gas yang berkontribusi pada pemanasan global. Sumber energi terbarukan yang saat ini digunakan secara komersial di Indonesia adalah tenaga air dan panas bumi. Tetapi dalam pengembangannya terdapat beberapa kendala, diantaranya adalah untuk tenaga air, ketersediaan lahan serta jaminan pasokan air, sementara untuk tenaga panas bumi, yaitu teknologi dan biaya eksplorasi. Salah satu sumber energi terbarukan yang bisa digunakan dalam skala kecil adalah energi angin. Angin di Indonesia memiliki kecepatan yang bervariasi, umumnya dikategorikan sebagai angin berkecepatan rendah. Penelitian sistem konversi energi angin kecepatan rendah belum banyak dilakukan di Indonesia, padahal ada beberapa lokasi yang mempunyai kecepatan angin rendah secara kontinyu yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Di samping itu, angin merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*), sehingga pemanfaatan sistem konversi energi angin akan berdampak positif terhadap lingkungan.

Energi Angin merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang memanfaatkan angin sebagai sumber energinya. Karena sifatnya yang ramah lingkungan sumber energi angin mulai dikembangkan untuk mengantisipasi terjadinya krisis energi. Dalam rangka pengembangan teknologi Sistem Konversi Energi Angin (SKEA), telah dilakukan banyak penelitian untuk menghasilkan sistem yang mampu bekerja secara optimal. Karena potensi tenaga angin yang sangat besar di Indonesia, bisa dipahami bahwa Indonesia mempunyai geografis yang unik yaitu banyak gunung, dataran terbuka yang luas dan pantai yang panjang. Pada kondisi geografis seperti itu mempunyai potensi energi angin yang besar pula (Daryanto, 2007). Walaupun secara keseluruhan rata – rata kecepatan angin di Indonesia sekitar