

**UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN
SUDU, RADIUS KELENGKUNGAN SUDU DAN KECEPATAN
ANGIN PADA TURBIN *CROSS FLOW* TERHADAP DAYA
YANG DIHASILKAN PADA SISTEM PEMULIHAN ENERGI
YANG TERINTEGRASI DENGAN MENARA PENDINGIN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Oleh :
KHOLIFATUL BARIYYAH
NIM. I 0412029

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2016**



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Kentingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**

Program Studi : **S1 Teknik Mesin**

Nomor : **0697/TA/S1/04/2016**

Nama : **KHOLIFATUL BARIYYAH**
NIM : **10412029**
Bidang : **Konversi Energi**
Pembimbing 1 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**
Pembimbing 2 : **Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT/197011052000031001**
Penguji : **1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT./ 197104251999031001**
2. Prof. Dr. DWI ARIES HIMAWANTO, ST, MT/
197403262000031001
3. PURWADI JOKO WIDODO, ST, M. KOM/
197301261997021001
Mata Kuliah Pendukung
1. AERO DAN HIDRO DINAMIKA (MS06033-15)
2. SISTEM PERPIPAAN (MS03023-10)
3. POMPA DAN KOMPRESOR (MS06103-10)

Judul Tugas Akhir

**"UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN
SUDU, RADIUS KELENGKUNGAN SUDU DAN
KECEPATAN ANGIN PADA TURBIN CROSS FLOW
TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN PADA SISTEM
PEMULIHAN ENERGI YANG TERINTEGRASI DENGAN
MENARA PENDINGIN"**



Surakarta, **2016-04-12 14:00:19**
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. 197106151998021002

Tembusan :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN SUDU, RADIUS KELENGKUNGAN SUDU DAN KECEPATAN ANGIN PADA TURBIN CROSS FLOW TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN PADA SISTEM PEMULIHAN ENERGI YANG TERINTEGRASI DENGAN MENARA PENDINGIN

Disusun Oleh

KHOLIFATUL BARIYYAH
NIM : **I0412029**

Dosen Pembimbing 1


D. DANARDONO, ST, MT, PhD
NIP. **196905141999031001**

Dosen Pembimbing 2


Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT
NIP. **197011052000031001**

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **18-10-2016**, pukul **10:00:00**, bertempat di **M.101, gd.1 FT-UNS**.

1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT.
197104251999031001
2. Prof. Dr. DWI ARIES HIMAWANTO, ST, MT
197403262000031001
3. PURWADI JOKO WIDODO, ST, M. KOM
197301261997021001

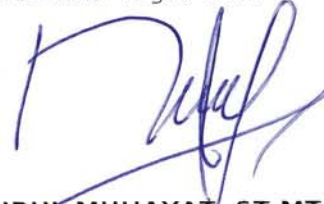




Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta


DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. **197106151998021002**

Koordinator Tugas Akhir


DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT
NIP. **197003231998021001**

ABSTRAK

**UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN
SUDU, RADIUS KELENGKUNGAN SUDU DAN KECEPATAN
ANGIN PADA TURBIN *CROSS FLOW* TERHADAP DAYA
YANG DIHASILKAN PADA SISTEM PEMULIHAN ENERGI
YANG TERINTEGRASI DENGAN MENARA PENDINGIN**

Kholifatul Bariyyah

Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Surakarta Indonesia

Email: kholifatulb@gmail.com

Pemulihan energi dari limbah seperti *heat sink* dan pembuangan udara memiliki potensi besar dalam membantu masalah ketersediaan energi. Pembuangan udara yang berasal dari *outlet* menara pendingin menghasilkan angin konstan hingga 9 m/s. Angin tersebut dapat dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi energi dengan memasang turbin di atasnya. Turbin angin tipe *cross flow* dengan diameter 400 mm dan tinggi 380 mm ditempatkan pada bagian *outlet* menara pendingin. Integrasi ini terdiri dari sudu pengarah dan *diffuser* yang digunakan untuk meningkatkan kecepatan putar turbin sehingga daya yang dihasilkan meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan sudu, radius kelengkungan dan kecepatan angin pada turbin angin *cross flow* terhadap daya yang dihasilkan. Variasi sudut kemiringan sudu dan radius kelengkungan sudu turbin diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap daya yang dihasilkan, sedangkan pengujian pada variasi kecepatan angin untuk mengetahui performa turbin pada grafik *coefficient power vs tip speed ratio*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin *cross flow* dengan sudut kemiringan sudu turbin 45° menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan sudut kemiringan sudu yang lain, pada semua kondisi radius kelengkungan. Sedangkan radius kelengkungan turbin memiliki karakteristik masing-masing pada setiap sudut kemiringan turbin. Pada sudut kemiringan 45° dan 60° turbin *cross flow* dengan radius kelengkungan 60 mm menghasilkan performa terbaik, sedangkan pada sudut kemiringan 90° turbin dengan radius 90 mm menghasilkan performa terbaik. Turbin angin *crossflow* dengan radius kelengkungan sudu 60 mm pada variasi sudut kemiringan sudu 45° menghasilkan daya maksimal yaitu 2,47 watt pada kecepatan angin 4,31 m/s dan CP 0,41 pada TSR 0,76.

Kata kunci: *cooling tower*, *guide vane*, pemulihan energi, turbin angin, sudut kemiringan turbin, radius kelengkungan.

ABSTRACT**EXPERIMENTAL STUDY – THE IMPACT OF BLADE ANGLE, RADIUS OF BLADE AND WIND VELOCITY TOWARD THE GENERATED POWER OF A CROSS FLOW WIND TURBINE INTEGRATED WITH THE COOLING TOWER**

Kholifatul Bariyyah

Departement of Mechanical Engineering
Engineering Faculty of Sebelas Maret University
Surakarta Indonesia

Email: kholifatulb@gmail.com

Energy recovery from waste such as heat sink and exhaust air has great potential in helping the energy supply problems. Exhaust air from the outlet cooling tower produces velocity-constant wind of up to 9 m/ s. The wind can be used to convert energy by installing a turbine on the top of it. Cross flow wind turbine with diameter of 400 mm and height of 380 mm was positioned at the discharge outlet of a cooling tower. The integration consists of guide-vanes and diffuser-plates, is used to enhance the rotational speed of the turbines for power augmentation. The purpose of this experiment is to know the impact of blade angle, radius blade and wind velocity when applied on cross flow wind turbine. Variation of blade angle and radius of blade was tested to know those impact to the power of turbine, while the experiment on variation of wind velocity was purposed to know the crossflow turbine performance on coefficient power Vs tip speed ratio diagram. The result shows that cross flow wind turbine with blade angle 45° has higher power than the other blade angle on all radius variation. The radius of blade has its specific characteristic on each blade angle. On 45° and 60° blade angle, crossflow turbine with 60 mm radius has the highest performance. While on 90° blade angle, a cross flow turbine with 90 mm radius has the highest performance. Cross flow wind turbine with radius of blade 60 mm on blade angle 45° has the highest performance with 2.47 watt maximal power on 4.31 m/s wind velocity and CP 0.41 on TSR 0.76.

Keywords: cooling tower, guide vane, energy recovery, wind turbine, blade angle, radius of blade.

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi “Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Sudu, Radius Kelengkungan Sudu Dan Kecepatan Angin Pada Turbin *Cross Flow* Terhadap Daya Yang Dihasilkan Pada Sistem Pemulihan Energi Yang Terintegrasi Dengan Menara Pendingin” ini dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam Penyelesaian Skripsi ini tidaklah mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini, terutama kepada :

1. Bapak D. Danardono, ST, MT, PhD selaku Pembimbing I yang senantiasa memberikan nasihat, arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Budi Santoso, ST, MT., selaku Pembimbing II yang telah turut serta memberikan bimbingan yang berharga bagi penulis.
3. Bapak Dr. Budi Kristiawan, ST. MT., Purwadi Joko Susilo, ST. M.Kom., dan bapak Prof. Dr. Dwi Aries Himawanto, ST, MT selaku dosen penguji tugas akhir saya yang telah memberi saran yang membangun.
4. Bapak Dr. Triyono ST, MT., selaku pembimbing akademik selama studi di Universitas Sebelas Maret ini.
5. Bapak Dr Eng. Syamsul Hadi, ST, MT., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin UNS yang selalu memotivasi mahasiswa untuk menyelesaikan tugas akhir serta selalu mendukung mahasiswa untuk terus berprestasi.

commit to user

6. Seluruh Dosen serta Staf di Jurusan Teknik Mesin UNS, yang telah turut mendidik dan membantu penulis hingga menyelesaikan studi S1.
7. Bapak, Ibu, dan seluruh keluarga yang telah memberikan doa restu, motivasi, dan dukungan material maupun spiritual.
8. Mbak Ana Solichah dan Mas Yusi Isnawan, terima kasih telah menjadi kakak yang mengarahkan pada kebaikan, mengajarkan kesetiaan kerja keras serta memotivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Nayla Aulia Zahrani Isnawan, *you never fail make me happy*.
10. Sahabat-sahabat Teknik Mesin 2012 “CAMRO” tercinta. *Thank's for everything*, kerjasama dan kebahagiaannya.
11. Mas Welly Nopi Healtanto yang telah membantu dalam pelaksanaan tugas akhir, perkuliahan, memotivasi dan lain-lain yang tidak dapat disebutkan.
12. Mbak Pradityasari Purbaningrum yang selalu membantu dalam perkuliahan, tim, memotivasi tugas akhir serta teman yang sangat sabar nan dewasa.
13. Mas Dhadung dan Mas Miko, terima kasih atas bantuan dan kerjasama dalam grup penelitian.
14. Mas Danang dan Mas Galih, terima kasih atas pengarahan, bantuan, motivasi dan warisan model penelitian. Semoga sukses selalu.
15. Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin UNS yang selalu menunjukkan solidaritas di setiap kesempatan.
16. Sahabat-sahabat Tim Bengawan UNS yang telah mengajarkan arti kerjasama dan kerja keras, terima kasih untuk segala pembelajaran dan suka dukanya.
17. Seluruh keluarga dan sahabat yang yang selalu mendoakan.
18. Semua pihak yang telah membantu dalam melaksanakan dan menyusun laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapakan kritik dan saran yang bersifat

commit to user

membangun dari semua pihak untuk memperbaiki dan menyempurnakan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua dan bagi penulis pada khususnya.

Surakarta, Oktober 2016

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SURAT PENUGASAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Dasar Teori.....	9
2.2.1. Menara pendingin (<i>cooling tower</i>)	9
2.2.2. Turbin angin	13
2.2.3. Turbin air <i>cross flow</i>	16
2.2.4. Konversi energi angin.....	19
2.2.5. Teori momentum <i>elemen betz</i>	20
2.2.6. <i>Tip speed ratio</i>	23
2.2.7. <i>Prony brake</i>	24
2.2.8. Daya poros	25
2.2.9. Sudu pengarah (<i>guide vane</i>)	26
2.2.10. <i>Moment of momentum equation</i>	26

BAB III PELAKSAAN PENELITIAN	29
3.1. Tempat Penelitian.....	29
3.2. Alat dan Bahan	28
3.3. Prosedur Penelitian.....	35
3.3.1. Tahap persiapan.....	35
3.3.2. Tahap pengambilan data.....	35
3.3.3. Tahap analisis data.....	36
3.3.4. Diagram alir penelitian	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Data Kecepatan Angin	39
4.2. Hasil Pengujian Turbin Angin <i>Crossflow</i> Dengan Variasi Kecepatan Angin <i>Cooling Tower</i> Dan Radius Sudu Turbin	41
4.2.1. Turbin angin sudut kemiringan sudu 45°	41
4.2.2. Turbin angin sudut kemiringan sudu 60°	42
4.2.3. Turbin angin sudut kemiringan sudu 90°	44
4.3. Analisis Perfoma Turbin Angin <i>Cross flow</i> Dengan Variasi Kecepatan Angin dan Radius Kelengkungan Sudu Turbin	46
4.4. Hasil Pengujian Turbin Angin <i>Cross flow</i> Dengan Variasi Sudut Kemiringan	47
4.4.1. Turbin <i>cross flow</i> dengan variasi radius kelengkungan sudu 120 mm.....	47
4.4.2. Turbin <i>cross flow</i> dengan variasi radius kelengkungan sudu 90 mm	49
4.4.3. Turbin <i>cross flow</i> dengan variasi radius kelengkungan sudu 60 mm	50
4.5. Analisis Perfoma Turbin Angin <i>Cross flow</i> Terhadap Variasi Sudut Kemiringan Sudu Turbin.....	52
4.6. Hasil Perhitungan dan Analisis Koefisien Daya dan <i>Tip Speed Ratio</i>	53
4.7. Analisa Pengaruh Konsumsi Daya Motor Pada Model <i>Cooling Tower</i>	54
BAB V PENUTUP.....	59
5.1. Kesimpulan	59

5.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Profil kecepatan angin yang keluar dari <i>cooling tower</i>	2
Gambar 2.1.	Skema sistem pemulihan energi <i>cooling tower</i> dengan turbin.....	7
Gambar 2.2.	<i>Forced draft cooling tower</i>	10
Gambar 2.3.	Menara pendingin <i>induced draft cross flow</i>	11
Gambar 2.4.	Menara pendingin <i>induced draft</i> dengan aliran berlawanan.....	11
Gambar 2.5.	Konstruksi menara pendingin.....	12
Gambar 2.6.	Jenis turbin angin berdasarkan jumlah sudu.....	15
Gambar 2.7.	Berbagai jenis turbin angin vertikal	15
Gambar 2.8.	Aliran air yang melalui turbin aliran silang.....	17
Gambar 2.9.	Aliran air dalam roda turbin saling berinterferensi	18
Gambar 2.10.	Diagram kecepatan	18
Gambar 2.11.	Profil kecepatan angin melewati penampang rotor	21
Gambar 2.12.	Koefisien daya terhadap rasio kecepatan aliran udara.....	23
Gambar 2.13.	Nilai C_p dan <i>tip speed ratio</i> untuk berbagai turbin angin .	24
Gambar 2.14.	<i>Prony brake</i>	25
Gambar 2.15.	Sudu pengarah dengan rotor turbin angin savonius	26
Gambar 2.16	Volume kontrol terbatas dan elemen kecepatan absolut untuk analisis momentum sudut	27
Gambar 2.17	Geometri dan notasi yang digunakan untuk menggambarkan diagram kecepatan untuk mesin radial-aliran tertentu.....	28
Gambar 3.1.	Skema rangkaian eksperimen	29
Gambar 3.2.	Skema turbin angin sumbu vertikal <i>cross flow</i>	30
Gambar 3.3.	Geometri sudu turbin <i>cross flow</i>	30
Gambar 3.4.	Model <i>cooling tower</i>	32
Gambar 3.5.	Diffuser dengan sudu pengarah.....	32
Gambar 3.6.	Sudu pengarah	32
Gambar 3.7.	<i>Prony Brake</i>	33
Gambar 3.8.	Anemometer	34
Gambar 3.9.	<i>Tachometer</i> <i>commit to user</i>	34

Gambar 3.10. <i>Wattmeter</i>	34
Gambar 3.11. Diagram alir eksperimen	37
Gambar 4.1 Hubungan kecepatan angin dan daya pada variasi radius sudu dengan sudut kemiringan sudu 45°	41
Gambar 4.2 Hubungan kecepatan angin dan daya pada variasi radius sudu dengan sudut kemiringan sudu 60°	42
Gambar 4.3 Hubungan kecepatan angin dan daya pada variasi radius sudu dengan sudut kemiringan sudu 90°	43
Gambar 4.4 Hubungan sudut kemiringan sudu dan daya pada variasi variasi radius kelengkungan sudu 120 mm	46
Gambar 4.5 Hubungan sudut kemiringan sudu dan daya pada variasi variasi radius kelengkungan sudu 90 mm	47
Gambar 4.6 Hubungan sudut kemiringan sudu dan daya pada variasi variasi radius kelengkungan sudu 60 mm	48
Gambar 4.7 Hubungan sudut koefisien daya (C_p) dan <i>Tip Speed Ratio</i> (TSR)	52
Gambar 4.8 Nilai konsumsi daya model <i>cooling tower</i> pada kecepatan angin 2,81 m/s	53
Gambar 4.9 Nilai konsumsi daya model <i>cooling tower</i> pada kecepatan angin 3,23 m/s	54
Gambar 4.10 Nilai konsumsi daya model <i>cooling tower</i> pada kecepatan angin 3,87 m/s	54
Gambar 4.11 Nilai konsumsi daya model <i>cooling tower</i> pada kecepatan angin sudu 4,31 m/s	55
Gambar 4.12 Nilai konsumsi daya model <i>cooling tower</i> pada sudut kemiringan sudu 30° radius 60 mm	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Titik pengukuran kecepatan angin.....	35
Tabel 4.1	Data kecepatan angin rata-rata I (bukaan 3 tingkat 4 sisi) ...	39
Tabel 4.2	Data kecepatan angin rata-rata II (bukaan 2 tingkat 4 sisi) ...	40
Tabel 4.3	Data kecepatan angin rata-rata III (bukaan 1 tingkat 4 sisi)...	40
Tabel 4.4	Data kecepatan angin rata-rata IV (bukaan 1 tingkat 2 sisi)...	41
Tabel 4.5	Data kecepatan dan sudut segitiga kecepatan turbin dengan sudut θ 45°	42
Tabel 4.6	Data kecepatan dan sudut segitiga kecepatan turbin dengan sudut θ 60°	44
Tabel 4.7	Data kecepatan dan sudut segitiga kecepatan turbin dengan sudut θ 90°	45
Tabel 4.8	Data kecepatan dan sudut segitiga kecepatan turbin dengan radius kelengkungan 120 mm	48
Tabel 4.9	Data kecepatan dan sudut segitiga kecepatan turbin dengan radius kelengkungan 90 mm	50
Tabel 4.10	Data kecepatan dan sudut segitiga kecepatan turbin dengan radius kelengkungan 60 mm	51

DAFTAR NOTASI

A	= Luas area sapuan rotor, (m^2)
C_p	= Koefisien daya
D	= Diameter, (m)
D_h	= Diameter hidraulik, (m)
E	= Energi kinetik benda bergerak, (Joule)
F	= Gaya, (N)
F_D	= Gaya <i>drag</i> , (N)
F_e	= Gaya efektif, (N)
F_L	= Gaya <i>lift</i> , (N)
F_r	= Torsi, (Nm)
F_s	= Gaya yang terukur pada pegas, (N)
g	= Gaya gravitasi, (m/s^2)
m	= Massa, (kg)
N	= Kecepatan Putar, (rpm)
P_w	= Daya total yang tersedia dalam angin, (watt)
P_T	= Daya mekanik aktual, (watt)
P	= Daya poros turbin, (watt)
Q	= debit air, (m^3/s)
R_e	= Radius efektif, (m)
R_s	= Radius poros, (m)
R_r	= Radius tali, (m)
T	= Torsi, (Nm)
V	= Laju volume udara, (m^3/s)
V	= Kecepatan absolut, (m/s)
U_1	= Kecepatan keliling pada sisi <i>inlet</i> , (m/s)
U_2	= Kecepatan keliling pada sisi <i>outlet</i> , (m/s)
v_1	= Kecepatan relatif pada sisi <i>inlet</i> , (m/s)
v_2	= Kecepatan relatif pada sisi <i>outlet</i> , (m/s)
z	= Ketinggian jatuh air, (m)
\dot{m}	= Laju aliran massa, (kg/s)

commit to user

- α_1 = Sudut antara kecepatan absolut dan keliling pada sisi *inlet*, ($^{\circ}$)
- α_2 = Sudut antara kecepatan absolut dan keliling pada sisi *outlet*, ($^{\circ}$)
- β_1 = Sudut antara kecepatan abosolut dan kecepatan relatif pada sisi *inlet*, ($^{\circ}$)
- β_2 = Sudut antara kecepatan abosolut dan kecepatan relatif pada sisi *outlet*, ($^{\circ}$)
- η_T = Efisiensi turbin air
- ρ = Massa jenis udara, (kg/m^3)
- v' = Kecepatan aliran udara pada rotor, (m/s)
- λ = Rasio kecepatan ujung (*Tip Speed Ratio*)
- ψ = Koefisien sudu



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data putaran poros, beban, dan konsumsi daya motor kipas cooling tower.....	64
Lampiran 2	Contoh perhitungan hasil pengujian	65
Lampiran 3	Pembukaan air intake	67
Lampiran 4	Data hasil perhitungan turbin angin <i>cross flow</i> dengan sudut kemiringan sudu 45°	68
Lampiran 5	Data hasil perhitungan turbin angin <i>cross flow</i> dengan sudut kemiringan sudu 60°	69
Lampiran 6	Data hasil perhitungan turbin angin <i>cross flow</i> dengan sudut kemiringan sudu 90°	70
Lampiran 7	Data hasil perhitungan turbin angin <i>cross flow</i> dengan sudut kemiringan sudu 30°	71
Lampiran 8	Diagram kecepatan masuk radius 60 mm sudut kemiringan 60°	72
Lampiran 9	Segitiga kecepatan radius 60 mm sudut kemiringan 60° ..	73
Lampiran 10	Diagram kecepatan masuk radius 90 mm sudut kemiringan 60°	74
Lampiran 11	Segitiga kecepatan radius 90 mm sudut kemiringan 60° ...	75
Lampiran 12	Diagram kecepatan masuk radius 120 mm sudut kemiringan 60°	76
Lampiran 13	Segitiga kecepatan radius 120 mm sudut kemiringan 60° .	77
Lampiran 14	Diagram kecepatan masuk radius 60 mm sudut kemiringan 45°	78
Lampiran 15	Segitiga kecepatan radius 60 mm sudut kemiringan 45° ...	79
Lampiran 16	Diagram kecepatan masuk radius 60 mm sudut kemiringan 60°	80
Lampiran 17	Segitiga kecepatan radius 60 mm sudut kemiringan 60° ...	81
Lampiran 18	Diagram kecepatan masuk radius 60 mm sudut kemiringan 30°	82
Lampiran 19	Segitiga kecepatan radius 60 mm sudut kemiringan 30° ...	83

commit to user