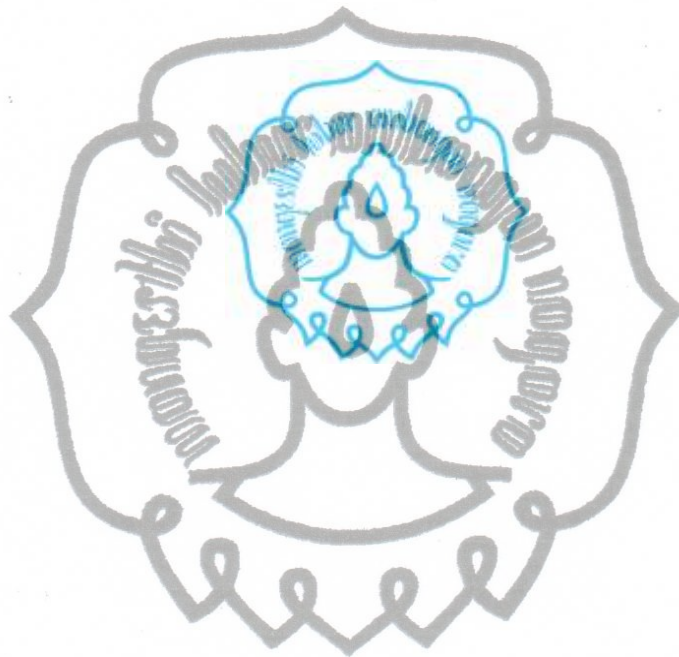


**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT MASUK BAGIAN TIP
DAN HUB SUDU TURBIN PROPELLER TERHADAP DAYA *OUTPUT*
PADA ALIRAN HORIZONTAL**

TESIS

**Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Mesin**



Oleh

HASAN BISRI

NIM S951802003

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2020

commit to user

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT MASUK BAGIAN TIP
DAN HUB SUDU TURBIN PROPELLER TERHADAP DAYA OUTPUT
PADA ALIRAN HORIZONTAL**

TESIS

Oleh:

HASAN BISRI
NIM S951802003

Komis
Pembimbing
Pembimbing 1

Pembimbing 2

Nama
Prof. Dr. Dwi Arias H., S.T., M.T.
NIP. 197403262000031001
D.D.D. Prijati, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 196905141999031001

Tanda
Tangan

Tanggal

.. Februari 2020

.. Februari 2020

Telah dinyatakan memenuhi syarat
pada tanggal 03-03-2020

Kepala Program Studi Magister Teknik Mesin
Fakultas Teknik UNS



Dr. Zainal Arifin, S.T., M.T.

NIP. 197303082000031001

commit to user


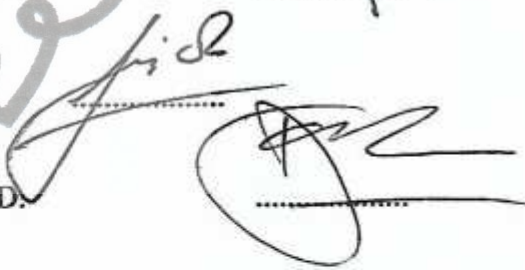
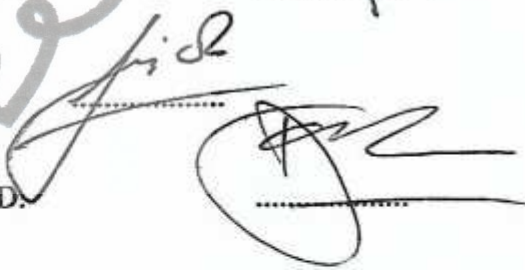
**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT MASUK BAGIAN TIP
DAN HUB SUDU TURBIN PROPELLER TERHADAP DAYA *OUTPUT*
PADA ALIRAN HORIZONTAL**

TESIS

Disusun oleh:

**HASAN BISRI
S951802003**

Tim Penguji:

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Dr. Zainal Arifin, S.T., M.T. NIP. 197303082000031001	
Sekretaris	Prof. Dr. Eng. Syamsul Hadi, S.T., M.T. NIP. 197106151998021002	
Anggota Penguji	Prof. Dr. Dwi Ariès H, S.T., M.T. NIP. 197403262000031001 D.D.D. Prija Tjahya, S.T., M.T., Ph.D. NIP. 196905141999031001	

Telah dinyatakan memenuhi syarat

pada tanggal 12 Maret 2020

Mengetahui,


 Dekan Fakultas Teknik
 Universitas Sebelas Maret

 Dr. tech. Ir. Sholihin As'ad, M.T.
 NIP. 196710011997021001

Kepala Program Studi
 Magister Teknik Mesin


 Dr. Zainal Arifin, S.T., M.T.
 NIP. 197303082000031001

PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI ISI TESIS

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul : “**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT MASUK BAGIAN TIP DAN HUB SUDU TURBIN PROPELLER TERHADAP DAYA *OUTPUT* PADA ALIRAN HORIZONTAL**”. ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Tesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seijin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan Fakultas Teknik UNS sebagai institusinya. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, 12 Maret 2020

Mahasiswa,



Hasan Bisri

S951802003

commit to user

Hasan Bisri. S951802003. Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Masuk Bagian *Tip* dan *Hub* Sudu Turbin Propeller terhadap Daya *Output* pada Aliran Horisontal. Komisi Pembimbing 1: Prof. Dr. Dwi Aries Himawanto, S.T., M.T. Pembimbing 2: D. Danardono D.P.T, S.T., M.T., Ph.D. Tesis: Program Studi Magister Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret.

ABSTRAK

Potensi tenaga air Indonesia yang baru 9% dimanfaatkan telah menjadi perhatian banyak peneliti. Tenaga air khususnya pada aliran dengan *Ultra Low Head* (ULH) telah menjadi tren penelitian waktu ini sebagai energi terbarukan dalam mengurangi krisis energi sebagai pembangkit listrik skala piko. ULH yang sering diidentikan dengan aliran horisontal mampu dimanfaatkan dengan baik dengan turbin jenis reaksi, dimana yang sering digunakan adalah turbin propeller. Turbin propeller yang memiliki efisiensi cukup tinggi masih perlu diinvestigasi dan dikembangkan guna dapat menghasilkan daya keluaran yang lebih baik khususnya pada aliran horisontal. Modifikasi sudu eksperimental pada *inlet* bagian *tip* dan *hub* sudu adalah upaya meningkatkan daya keluaran turbin propeller. Variasi *inlet tip angle* yaitu 19°, 23°, 29°, dan 36°, sedangkan variasi *inlet hub angle* yaitu 33°, 36°, 40°, dan 44° dengan masing-masing diuji pada variasi debit 7 l/s, 9 l/s, 11 l/s, dan 13 l/s. Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan daya tekan air yang berasal dari pompa pada aliran dalam pipa horisontal yang telah dipasang turbin. Data daya mekanik, daya listrik, dan CP digunakan untuk mengevaluasi unjuk kerja turbin propeller. Sudut masuk aliran air ke sudu mempengaruhi nilai tekanan dan gaya aksial yang berbeda di semua variasi, hal ini menyebabkan hasil putaran poros akan berbeda. Berdasarkan hasil penelitian dan diskusi dapat disimpulkan bahwa kombinasi *inlet tip* 23° dan *inlet hub* 33° menghasilkan daya mekanik terbaik yaitu sebesar 22,7 watt.

Kata Kunci: sudut masuk, turbin propeller , energi air, ultra low head, CP.

Hasan Bisri. S951802003. *Experimental Study Effect of Inlet Angle of Tip and Hub Propeller Turbine Section on Output Power in Horizontal Flow*. Komisi Pembimbing 1: Prof. Dr. Dwi Aries Himawanto, S.T., M.T. Pembimbing 2: D. Danardono D.P.T, S.T., M.T., Ph.D. Tesis: Program Studi Magister Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret.

ABSTRACT

Potential of Indonesia's hydropower which has only been utilized for 9% has come to attention of many researchers. Hydro power, especially on streams with Ultra Low Head (ULH), has become a trend of current research as renewable energy in reducing the energy crisis as a pico-scale power plant. ULH which is often identified with horizontal flow can be utilized well with reaction type turbines, which are often used are propeller turbines. Propeller turbines that have high efficiency still need to be investigated and developed in order to produce better output power, especially in horizontal flow. The modification of experimental blade at tip and hub of inlet blade is an effort to increase output power of propeller turbine. Inlet tip angle variations are 19°, 23°, 29°, and 36°, while inlet hub angle variations are 33°, 36°, 40°, and 44° with each tested at a discharge variation of 7 l/s, 9 l/s, 11 l/s, and 13 l/s. Research method use compressive power of water that comes from pumps in horizontal flow pipes that have been installed turbines. Data of mechanical power, electrical power, and CP are used to evaluate performance of propeller turbines. Inlet angle of water flow to blade influences values of pressure and axial forces that are different in all variations, this causes results of the shaft rotation will be different. Based on the results of research and discussion it can be concluded that the combination of 23 ° inlet tip and 33 ° hub inlet produces the best mechanical power that is equal to 22.7 watts.

Keyword: *Inlet angle, propeller turbine, hydropower, ultra low head, CP.*

MOTTO

Di dalam menghadapi nikmat Allah, manusia terbagi tiga. Pertama, orang yang gembira dengan nikmat, bukan karena melihat siapa yang memberikannya, tetapi semata-mata karena kelezatan nikmat itu yang memuaskan hawa nafsunya maka ia termasuk orang lalai (*ghafil*). Orang ini sesuai dengan firman Allah, “Sehingga bila mereka telah puas gembira dengan apa yang diberikan itu, Kami tangkap mereka dengan tiba-tiba (Kami siksa mereka dengan tiba-tiba)”. Kedua, orang yang gembira dengan nikmat karena ia merasa bahwa nikmat ini adalah karunia yang diberikan Allah padanya. Orang ini sesuai dengan firman-Nya, “Katakanlah, karena merasa mendapat karunia dan rahmat Allah maka dengan itulah mereka harus gembira. Yang demikian itu lebih baik dari apa yang mereka kumpulkan.” Ketiga, orang yang hanya bergembira dengan Allah, bukan karena karunia-Nya. Ia tidak terpengaruh oleh kelezatan lahir dan batin nikmat itu karena ia hanya sibuk memperhatikan Allah sehingga ia tercukupi dari segala selain-Nya. Dengan demikian, tidak ada yang terlihat padanya, kecuali Allah. Orang ini sesuai dengan firman-Nya, “Katakanlah, ‘Hanya Allah’, kemudian biarkan mereka dalam kesibukan mereka berkecimpung (main-main).”

[Ibnu Atha’illah al-Iskandari]

PERSEMBAHAN

Tesis ini dipersembahkan buat mereka yang berkontribusi mengalirkan inspirasi baru dalam hidup. Mereka yang kucinta karena Allah dan ada cinta dihati mereka karena Allah.

Muhammad SAW

“Uswah Khasanah sepanjang zaman”

Abi dan Umi

“Luapan Cinta dan iringan Doa yang menguatkanku”

Istriku

“Anugerah terindah yang kumiliki”

Anakku

“Motor semangat setiap hari”

Kakak-kakakku

“Motivasi tiada henti”

Bapak-bapak Dosen

“Ilmu yang mengalir dalam diri”

Sahabat Angkatan 2018

Program Studi Magister Teknik Mesin

“Kisah terangkai begitu harmonis dan tak cukup lagu untuk mengisahkannya”

commit to user

PRAKATA

Puji syukur pada Illahi Rabbi, puji seorang hamba yang bersabar tatkala Allah mengujinya dan bersabar tatkala Allah melimpahkan segala limpahan nikmat-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Masuk Bagian *Tip* dan *Hub* Sudu Turbin Propeller terhadap Daya *Output* pada Aliran Horisontal ”.

Tesis ini disusun untuk memenuhi sebagian dari persyaratan untuk mendapatkan gelar Magister pada Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret. Penelitian tesis ini tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. techn. Ir. Sholihin As’ad, M.T. Dekan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan izin penelitian.
2. Dr. Zainal Arifin, S.T., M.T. Kepala Program Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah memberikan arahan dalam penyusunan tesis ini.
3. Prof. Dr. Dwi Aries Himawanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I, yang begitu sabar memberikan bimbingan, nasehat, dan saran dalam penyusunan tesis ini.
4. D.D.D. Prija Tjahya, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II, yang penuh dengan kebijaksanaan telah bersedia memberikan bimbingan, pengarahan, dan motivasi selama ini.
5. Prof. Dr. Dwi Aries Himawanto, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam pelaksanaan perkuliahan sebagai bekal untuk menyusun tesis ini.
6. Bapak-bapak Dosen Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
7. Ayah dan ibu tercinta, serta kakak-kakakku yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan tiada henti-hentinya.
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Angkatan 2018.

commit to user

9. Segenap pihak yang telah membantu peneliti dari pembuatan proposal sampai penyusunan hasil penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan penulis. Meskipun demikian, penulis berharap semoga penelitian ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya.



Penulis

Hasan Bisri
S951802003

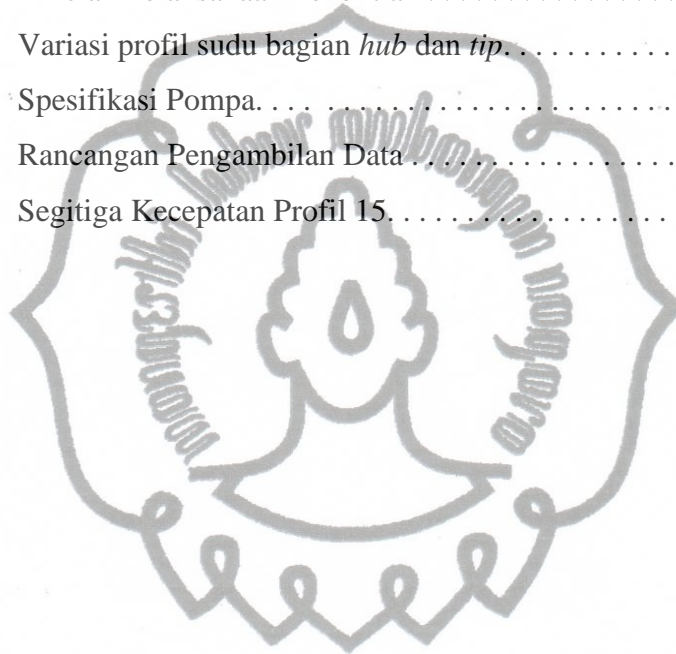
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TESIS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI TESIS	iii
PERYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TESIS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR PERSAMAAN.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR NOTASI	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Kebaruan Penelitian	3
C. Rumusan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Landasan Teori.....	5
B. Kerangka Berpikir	23
C. Hipotesis	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	26

A. Waktu dan Tempat Penelitian	26
B. Bahan dan Alat Penelitian	26
C. Prosedur Penelitian	31
D. <i>Flowchart</i>	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	35
A. Hasil Penelitian	35
1. Pengaruh Debit terhadap Daya Hidrolik	35
2. Pengaruh <i>Inlet Tip Angle</i> terhadap Angular Velocity.	36
3. Pengaruh <i>Inlet Tip Angle</i> terhadap Daya Mekanik.	37
4. Pengaruh <i>Inlet Tip Angle</i> terhadap CP	39
5. Pengaruh <i>Inlet Tip Angle</i> terhadap Daya Lisrik	40
6. Analisa Segitiga Kecepatan.	41
B. Pembahasan	43
1. Pengaruh <i>Inlet Tip Angle</i> terhadap Daya Output Turbin.	43
2. Pengaruh <i>Inlet Hub Angle</i> terhadap Daya Output Turbin	45
3. Pengaruh <i>Inlet Tip Angle</i> dan <i>Inlet Hub Angle</i> terhadap <i>Daya Output Turbin</i>	45
C. Nilai-Nilai Kebaruan Penelitian.	46
D. Keterbatasan Penelitian.	46
BAB V PENUTUP	47
A. Simpulan	47
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

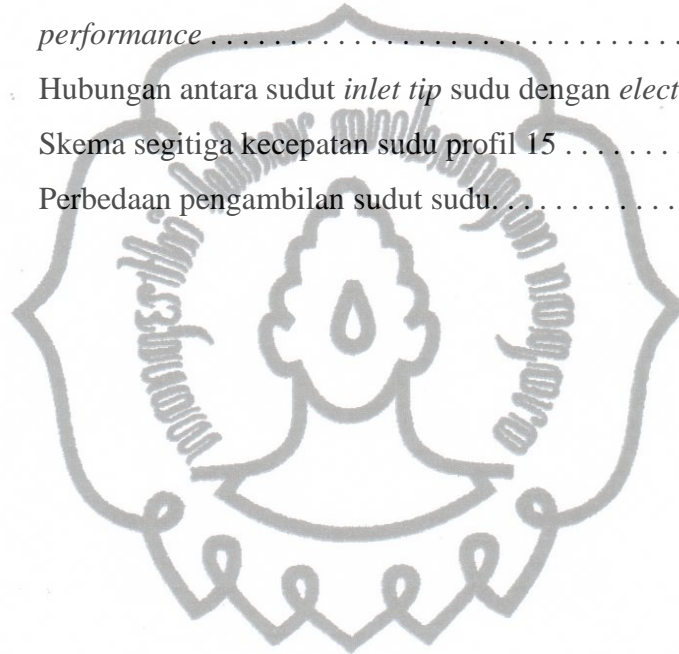
Tabel 2.1	Pengaruh variasi <i>tip angle</i> terhadap daya poros, debit, dan efisiensi turbin propeller	7
Tabel 2.2	Spesifikasi <i>runner</i> penelitian	7
Tabel 2.3	Pengaruh <i>exit tip angle</i> terhadap unjuk kerja turbin	8
Tabel 2.4	Klasifikasi PLTA menurut daya yang dihasilkan.	15
Tabel 3.1	Rincian Pelaksanaan Penelitian	26
Tabel 3.2	Variasi profil sudu bagian <i>hub</i> dan <i>tip</i>	28
Tabel 3.3	Spesifikasi Pompa.	29
Tabel 3.4	Rancangan Pengambilan Data	31
Tabel 4.1	Segitiga Kecepatan Profil 15.	42



DAFTAR GAMBAR

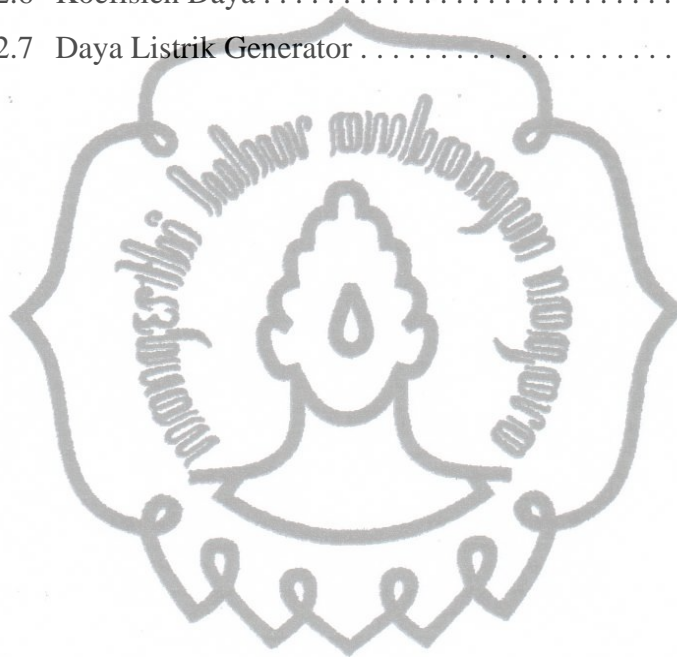
Gambar 2.1	Desain acuan sudu turbin	5
Gambar 2.2	<i>Test rig</i> pengaruh <i>inlet tip angle</i> dan <i>outlet tip angle</i> terhadap unjuk kerja turbin propeller	6
Gambar 2.3	Kelengkungan sudu bagian <i>tip</i>	6
Gambar 2.4	Unjuk kerja <i>runner B</i>	8
Gambar 2.5	Pengaruh <i>inlet hub angle</i>	9
Gambar 2.6	Unjuk kerja <i>runner</i> dengan variasi <i>cone angle</i> dan <i>inlet angle</i>	10
Gambar 2.7	Parameter profil kelengkungan sudu	11
Gambar 2.8	Perbandingan hasil eksperimen dan CFD menggunakan 5 sudu	11
Gambar 2.9	Aparatus uji	12
Gambar 2.10	Skema model geometri parameter rasio <i>tidal bulb turbine</i>	13
Gambar 2.11	Pembagian daerah <i>bulb</i> turbin	13
Gambar 2.12	Vektor kecepatan dan kontur tekanan	14
Gambar 2.13	Jalur aliran fluida dua arah.	14
Gambar 2.14	Mode operasi aliran	14
Gambar 2.15	Perbandingan antara debit dan head pemilihan turbin air	16
Gambar 2.16	Pembagian jenis turbin air	16
Gambar 2.17	Jenis turbin impuls	17
Gambar 2.18	Jenis turbin reaksi	17
Gambar 2.19	Sudut dan gaya-gaya profil sudu turbin <i>propeller</i>	19
Gambar 2.20	Segitiga kecepatan sudu bergerak turbin reaksi	20
Gambar 2.21	Pengujian <i>prony brake</i>	21
Gambar 2.22	Skema generator tiga fasa menjadi satu fasa	23
Gambar 2.23	Bagan kerangka berpikir penelitian	24
Gambar 3.1	Turbin Propeller	27
Gambar 3.2	Desain modifikasi kelengkungan sudu turbin	27
Gambar 3.3	Desain modifikasi kelengkungan sudu turbin	28
Gambar 3.4	Segitiga kecepatan sudu turbin propeller.	28
Gambar 3.5	<i>Bulb body</i>	29
Gambar 3.6	Tachometer <i>commit to user</i>	30

Gambar 3.7	Multimeter digital	30
Gambar 3.8	Timbangan Digital.	30
Gambar 3.9	Skema pengambilan data pengujian	32
Gambar 3.10	Diagram alir penelitian	34
Gambar 4.1	Hubungan antara debit sudu dengan daya hidrolis	36
Gambar 4.2	Hubungan antara sudut <i>inlet tip</i> sudu dengan <i>angular velocity</i> .	37
Gambar 4.3	Hubungan antara sudut <i>inlet tip angle</i> sudu dengan <i>shaft power</i>	38
Gambar 4.4	Hubungan antara sudut <i>inlet tip</i> sudu dengan <i>coefficient of performance</i>	39
Gambar 4.5	Hubungan antara sudut <i>inlet tip</i> sudu dengan <i>electrical power</i>	40
Gambar 4.6	Skema segitiga kecepatan sudu profil 15	43
Gambar 4.7	Perbedaan pengambilan sudut sudu.	44



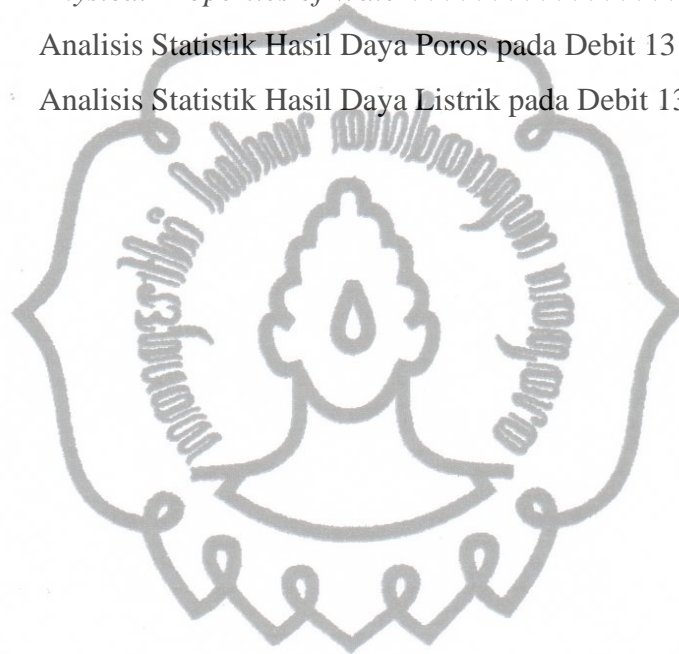
DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	Daya Hidrolik Air	21
Persamaan 2.2	Daya Mekanik Turbin	21
Persamaan 2.3	Gaya Efektif	22
Persamaan 2.4	Jari-jari Efektif	22
Persamaan 2.5	Torsi	22
Persamaan 2.6	Koefisien Daya	22
Persamaan 2.7	Daya Listrik Generator	23



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran.1	Data Hasil Penelitian	51
Lampiran 2	Perhitungan Segitiga Kecepatan Sudu.	58
Lampiran 3	Luasan Area Sudu	61
Lampiran 4	Perhitungan Daya <i>Output</i> pada Profil 1 dengan Debit 7 l/s . . .	62
Lampiran 5	<i>Prony Brake</i>	65
Lampiran 6	<i>Physical Properties of Water</i>	67
Lampiran 7	Analisis Statistik Hasil Daya Poros pada Debit 13 l/s	68
Lampiran 8	Analisis Statistik Hasil Daya Listrik pada Debit 13 l/s.	71



Nomenclature

D	= Diameter turbin	[m]
g	= Percepatan gravitasi	[m/s ²]
I	= <i>Electrical current</i>	[Ampere]
m	= Massa	[kg]
n	= Kecepatan putar	[rpm]
P	= Tekanan	[kg/ms ²]
P _{in}	= Daya hidrolis	[watt]
P _t	= Daya mekanik	[watt]
P _{out}	= Daya listrik	[watt]
Q	= Debit aliran	[m ³ /s]
r	= Jari-jari	[m]
v	= Kecepatan aliran	[m/s]
V	= <i>Voltage</i>	[volt]
	= Massa jenis air	[kg/m ³]
	= Torsi	[Nm]
	= Kecepatan sudut	[rad/s]

Parameter non dimensional

CP = *Coefficient of Power*