

SKRIPSI

**ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN
KELENGKUNGAN 90° PADA TURBIN AIR *VORTEX*
TENAGA PICOHIDRO**



DISUSUN OLEH :

Muhamad Samsul Arifin

15.11.005

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2019

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUNGAN 90° PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO

Disusun Oleh :

Nama : Muhamad Samsul Arifin
NIM : 15.11.005
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Fakultas : Teknologi Industri

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1




Sibut, ST, MT

NIP.Y.1030300379

Diperiksa dan disetujui

Dosen Pembimbing


Ir. Soeparno Djiwo.MT
NIP.Y. 1018600128



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Muhamad Samsul Arifin
Nim : 15.11.005
Program Studi : Teknik Mesin S-1
Judul : **ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN
KELENGKUNGAN 90° PADA TURBIN AIR
VORTEX TENAGA PICOHIDRO**

Dipertahankan Dihadapan Tim Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S1).

Pada Hari / Tanggal : Senin / 22 Juli 2019

Dengan Nilai : 77.95 (B+)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1

Sekretaris Jurusan Teknik Mesin S-1

Sibut, ST. MT

NIP. Y. 1030300379

Ir. Teguh Raharjo, MT

NIP. 195706011992021001

ANGGOTA PENGUJI

Penguji 1

Ir. H. Anang Subardi, MT

NIP. 195506291989101001

Penguji 2

Ir. I Wayan Sujana, MT

NIP. 195812311989031012



BAN-PT

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhamad Samsul Arifin

Nim : 15.11.005

Jurusan : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa isi skripsi yang berjudul **“ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUGAN 90° PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO”** adalah skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan sumber aslinya.

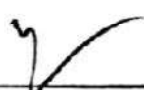





Malang, 22 Juli 2019

Yang Membuat Pernyataan



LEMBAR ASISTENSI
LOG BOOK ASISTENSI

Nama : Muhamad Samsul Arifin
 Nim : 15.11.005
 Program Studi : Teknik Mesin S-1
 Judul Skripsi : ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN
 KELENGKUNGAN 90° PADA TURBIN AIR *VORTEX*
 TENAGA PICOHIDRO
 Dosen Pembimbing : Ir. Soeparno Djiwo, MT

No	Hari / Tanggal	Asistensi	Paraf
1	Sabtu, 16 Maret 2019	Penyerahan SK pembimbing	
2	Senin, 18 Maret 2019	Pengajuan Judul Skripsi	
3	Kamis, 21 Maret 2019	Konsultasi Variasi Judul	
4	Senin, 25 Maret 2019	Konsultasi Perancangan Turbin Skala Lab	
5	Kamis, 28 Maret 2019	Tanda Tangan Bimbingan Skripsi	
6	Senin, 8 April 2019	Format Penulisan Log Book	

7	Kamis, 11 April 2019	Revisi Penulisan Log Book	✓
8	Senin, 15 April 2019	Revisi Metodologi	✓
9	Kamis, 18 April 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Sempurnakan Studi Literatur • Sempurnakan Batasan Masalah • Sempurnakan Tujuan Penelitian 	✓
10	Senin, 22 April 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Sempurnakan Studi Literatur • Sempurnakan Prototipe Turbin • Sempurnakan Pembuatan Sudu 	✓
11	Kamis, 25 April 2019	Tanda Tangan Pengesahan Laporan	✓
12	Senin, 29 April 2019	Sempurnakan Desain Sudu Sesuai Dasar Yang Sudah Ditentukan	✓
13	Kamis, 2 Mei 2019	Menyempurnakan Diagram Alir Ddan Penjelassannya	✓
14	Senin, 6 Mei 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Sempurnakan Penjelasan Pembuatan Protipe Turbin • Lanjutkan Penjelasan Pengujian Turbin Air Vortex 	✓
15	Kamis, 9 Mei 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Sempurnakan Kembali Penjelasan Pembuatan Protipe Turbin Air, Pengujian Turbin Air Dan Pengambilan Data 	✓

		<ul style="list-style-type: none"> • Lanjutkan Penjelasan Pengolahan Data 	✓
16	Senin, 13 Mei 2019	Sempurnakan Narasi Pengambilan Data Dan Pengolahan Data	✓
17	Senin, 20 Mei 2019	Konsultasi Pengambilan Data Pengujian	✓
18	Senin, 15 Juli 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Dasar Teori Kecepatan Aliran Air • Mengapa Tinggi Jatuh Air Berpengaruh Terhadap Efisiensi Turbin 	✓

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Muhamad Samsul Arifin
NIM : 15.11.005
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN
KELENGKUNGAN 90° PADA TURBIN AIR *VORTEX*
TENAGA PICOHIDRO
Dosen Pembimbing : Ir. Soeparno Djiwo, MT
Tanggal pengajuan skripsi : Senin, 18 Maret 2019
Tanggal penyelesaian skripsi : Senin 5 Agustus 2019
Telah diselesaikan dengan nilai : 77,95 (B+)

Malang, 22 Juli 2019

Dosen Pembimbing



Ir. Soeparno Djiwo.MT
NIP.Y. 1018600128

ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUNGAN 90° PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO

Muhamad Samsul Arifin (15.11.005)

Jurusan Teknik Mesin S-1, FTI – Institut Teknologi Nasional Malang

Email : Muhamadsamsularifin00@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi di Indonesia terus berkembang, sedangkan bahan bakar yang dipakai saat ini lebih bergantung pada bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Hal tersebut membuat kita untuk melihat energi *alternative*. Dengan demikian listrik menempatkan dirinya pada posisi pertama sebagai kebutuhan primer bangsa. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sumber energi terbarukan yang dapat menggantikan sumber energi berbasis fosil yang tidak ramah lingkungan. Pada penelitian ini kita menggunakan pembangkit listrik picohidro dengan jenis turbin *vortex*, namun dengan penerapan jenis sudu yang berbeda dari biasanya. Variabel yang digunakan Variabel tetap (Sudut Kelengkungan 90° pada sudu) dan Variabel berubah (Tinggi jatuh air ke bejana 10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 50cm dan Sudut penyempitan aliran air 20°, 40°, 60°). Daya tertinggi terdapat pada turbin dengan tinggi jatuh air 50 cm dengan sudut penyempitan aliran air 20° yaitu sebesar 40,80 watt pada pembebanan sebesar 40,03 N. Efisiensi tertinggi pada penyempitan aliran air 20° terdapat pada ketinggian 10 cm yaitu sebesar 78,89 %.

Kata kunci : Turbin *Vortex*, Turbin Air, Sudu Tipe U, Kelengkungan 90°, Picohidro.

ANALYSIS OF USE OF U TYPE ANGLE WITH FULL 90° ON TURBINE WATER VORTEX PICOHIDRO POWER

Muhamad Samsul Arifin (15.11.005)

Jurusan Teknik Mesin S-1, FTI – Institut Teknologi Nasional Malang

Email : Muhamadsamsularifin00@gmail.com

ABSTRACT

The need for energy in Indonesia continues to grow, while the fuel used today is more needed in fossil fuels that cannot be supported. This makes us look at alternative energy. Thus electricity places itself in the first position as the nation's primary need. Therefore, it is necessary to develop renewable energy sources that can be transferred to fossil-based energy sources that are not environmentally friendly. In this study we use a picohidro power plant with a type of vortex turbine, but with the application of different types of blades than usual. Variables used are fixed variables (angle of curvature of 90 ° on blade) and variable change (height of falling water into vessels 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm and angle of narrowing of air flow 20 °, 40 °, 60 °). 50cm with a narrowing of the air flow of 20° which is equal to 40.80 watts at the loading of 40.03 N. The highest efficiency in the narrowing of air flow 20° at an altitude of 10 cm is equal to 78.89%.

Keywords: *Vortex Turbine, Water Turbine, U Type Blade, 90 ° Curvature, Picohidro.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul: **“ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUNGAN 90° PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO”** dengan baik. Tujuan penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu persyaratan guna menyelesaikan studi pada program Sarjana Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan sangat jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis membutuhkan kritik dan saran yang membangun agar kelak di kemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangan yang ada.

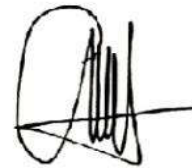
Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada berbagai pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada:

1. Dr. Ir. Kustamar, MT., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Dr. Ir. F. Yudi Limprapto, MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Sibut, ST.MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ir. Soeparno Djiwo. MT selaku Dosen Pembimbing atas diskusi menarik, masukan serta saran dan bimbingan beliau.
5. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama di bangku kuliah.
6. Kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda **Sumar** dan ibunda **Komsiah** yang telah memberikan dukungan, semangat serta do'a kepada penulis sehingga bisa sampai menempuh gelar sarjana.

7. Kepada orang spesial **Evi Erviana, S.Ak.** yang selalu mengingatkan dan memberikan semangat agar terselesaikannya skripsi penulis.

sebagai penutup, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Semoga apa yang menjadi kekurangan bisa disempurnakan oleh penulis selanjutnya.

Malang, 22 Juli 2019



Muhamad Samsul Arifin

15.11.005

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI	ii
LEMBAR ASISTEN	iii
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Road Map Diagram	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Peneliti Terdahulu	7
2.2 Pembangkit Listrik	10

2.3 Turbin	12
2.3.1 Cara Kerja Turbin Vortex.....	13
2.3.2 Keunggulan Turbin <i>Vortex</i>	13
2.3.3 Klasifikasi Vortex.....	14
2.3.4 Saluran Masuk.....	14
2.3.5 Pengukuran Debit.....	15
2.3.6 Daya Efektif.....	15
2.3.7 Daya Potensi.....	16
2.3.8 Efisiensi.....	16
2.4 Metode Statistik Inferensial	16
2.4.1 Populasi.....	17
2.4.2 Sampel.....	17
2.4.3 Kecukupan Data.....	21
2.4.4. Keseragaman Data.....	21
2.4.5 Uji T.....	22
2.4.6 Uji Regresi.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
3.2 Penjelasan Diagram Alir	27
3.2.1 Studi Literatur	27
3.2.2 Pembuatan Instalasi Turbin Air <i>Vortex</i>	28
3.2.3 Pembuatan Prototipe Turbin Air <i>Vortex</i>	29
3.2.4 Pembuatan runner turbin <i>vortex</i>	35
3.2.5 Pengujian Turbin Air Vortex	35
3.2.6 Pengambilan Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Pengujian	40
4.1.1 Data Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Air	40

4.1.2 Data Hasil Pengujian Putaran Poros Turbin	40
4.2 Pengolahan Data Hasil Pengujian	41
4.2.1 Pengolahan Data Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Air	41
4.2.2 Pengolahan Data Hasil Pengujian Putaran Poros Turbin.....	52
4.2.3 Pengolahan Data Hasil Pengujian Beban.....	91
4.2.4 Pengolahan Torsi	131
4.2.5 Pengolahan Data Kecepatan Sudut	132
4.2.6 Pengolahan Data Daya Turbin	133
4.2.7 Pengolahan Data Daya Air	135
4.2.8 Pengolahan Data Putaran Spesifik	135
4.2.9 Pengolahan Data Efisiensi Turbin	137
4.3 Pembahasan	140
4.3.1 Kecepatan Aliran Air	140
4.3.2 Putaran Poros Turbin	141
4.3.3 Pembebanan	142
4.3.4 Torsi	144
4.3.5 Kecepatan Sudut	145
4.3.6 Daya Turbin	147
4.3.7 Daya Air	149
4.3.8 Putaran Spesifik	149
4.3.9 Efisiensi Turbin.....	151
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	153
DAFTAR PUSTAKA	154
LAMPIRAN I	156
LAMPIRAN II	157

LAMPIRAN III.....	158
LAMPIRAN IV.....	195
LAMPIRAN V.....	200

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Turbin Vortex.....	12
Gambar 2.2. Klasifikasi Vortex berdasarkan kekuatannya	14
Gambar 2.3. Tipe lubang masuk turbin vortex.....	15
Gambar 2.4 Nomogram Harry King.....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Instalasi Turbin Air Vortex.....	28
Gambar 3.3 Sudu Turbin Air Vortex Kelengkungan 90°	29
Gambar 3.4 Bejana turbin vortex	31
Gambar 3.5 Bentuk runner turbin vortex.....	33
Gambar 3.6 Runner Turbin (1) dan Sudu Turbin (2)	33
Gambar 3.7 Dudukan Turbin Air	34
Gambar 4. 1 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 10 cm.	43
Gambar 4. 2 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 20 cm.	45
Gambar 4. 3 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 30 cm.	47
Gambar 4. 4 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 40 cm.	48
Gambar 4. 5 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 50 cm.	50
Gambar 4. 6 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan kecepatan aliran air	52
Gambar 4. 7 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 20°	54
Gambar 4. 8 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40°	57
Gambar 4. 9 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 60°	59
Gambar 4. 10 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20°	61

Gambar 4. 11 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40°	63
Gambar 4. 12 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60°	66
Gambar 4. 13 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20°	68
Gambar 4. 14 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 40°	70
Gambar 4. 15 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60°	73
Gambar 4. 16 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 20°	75
Gambar 4.17 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian40cm sudut penyempitan aliran air 40°	77
Gambar 4. 17 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60°	80
Gambar 4. 18 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20°	82
Gambar 4. 19 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40°	84
Gambar 4. 20 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60°	87
Gambar 4. 21 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 20°	89
Gambar 4. 22 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 40°	90
Gambar 4. 23 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 60°	91
Gambar 4. 24 Grafik keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 20°	94

Gambar 4. 26 Grafik keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40°	96
Gambar 4. 25 Grafik keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 60°	98
Gambar 4. 26 Grafik keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20°	101
Gambar 4. 27 Grafik keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40°	103
Gambar 4. 28 Grafik keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60°	106
Gambar 4. 29 Grafik keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20°	108
Gambar 4. 30 Grafik keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 40°	110
Gambar 4. 31 Grafik keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60°	113
Gambar 4. 32 Grafik keseragaman massa ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 20°	115
Gambar 4. 33 Grafik keseragaman massa ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 40°	117
Gambar 4. 34 Grafik keseragaman massa ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60°	120
Gambar 4. 35 Grafik keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20°	122
Gambar 4. 36 Grafik keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40°	124
Gambar 4. 37 Grafik keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60°	127
Gambar 4. 38 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 20°	129
Gambar 4. 39 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 40°	130

Gambar 4. 40 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 60°.....	131
Gambar 4. 41 Grafik hubungan antara tinggi jatuh dengan torsi	132
Gambar 4.44 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan kecepatan sudut	133
Gambar 4. 42 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya turbin	134
Gambar 4. 43 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya air	135
Gambar 4. 44 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan putaran spesifik	137
Gambar 4. 45 Grafik hubungan antara tinggi jatuh dengan efisiensi turbin	138

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data hasil pengujian kecepatan aliran air	40
Tabel 4.2 Data hasil pengujian putaran poros turbin.....	41
Tabel 4.3 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 10 cm	42
Tabel 4.4 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 20 cm	44
Tabel 4.5 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 30 cm	45
Tabel 4.6 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 40 cm	47
Tabel 4.7 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 50 cm	49
Tabel 4.8 Data hasil pengolahan kecepatan aliran air	51
Tabel 4.9 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm penyempitan aliran air 20°	53
Tabel 4.10 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40°.....	55
Tabel 4.11 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut sudu pengarah aliran air 60°.....	57
Tabel 4.12 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20°.....	59
Tabel 4.13 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm penyempitan aliran air 40°.....	62
Tabel 4.14 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut sudu pengarah aliran air 60°.....	64
Tabel 4.15 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20°.....	66

Tabel 4.16 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut sudu pengarah aliran air 40°	69
Tabel 4.17 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60°	71
Tabel 4.18 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudu pengarah aliran air 20°	73
Tabel 4.19 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40cm sudut sudu pengarah aliran air 40°	76
Tabel 4.20 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60°	78
Tabel 4.21 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20°	80
Tabel 4.22 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40°	83
Tabel 4.23 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60°	85
Tabel 4.24 Data hasil pengolahan putaran poros turbin	87
Tabel 4.25 Data uji keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 20°	92
Tabel 4.26 Data uji keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut sudu pengarah aliran air 40°	94
Tabel 4.27 Data uji keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut sudu pengarah aliran air 60°	97
Tabel 4.28 Data uji keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20°	99

Tabel 4.29 Data uji keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40°	101
Tabel 4.30 Data uji keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60°	104
Tabel 4.31 Data uji keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20°	106
Tabel 4.32 Data uji keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 40°	109
Tabel 4.33 Data uji keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60°	111
Tabel 4.34 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 20°	113
Tabel 4.35 Data uji keseragaman massa ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 40°	116
Tabel 4.36 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60°	118
Tabel 4.37 Data uji keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20°	120
Tabel 4.38 Data uji keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40°	123
Tabel 4.39 Data uji keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60°	125
Tabel 4.40 Data hasil pengolahan beban	127
Tabel 4.41 Data hasil pengolahan torsi	131
Tabel 4.42 Data hasil pengolahan kecepatan sudut	133

Tabel 4.43 Data hasil pengolahan daya turbin	134
Tabel 4.44 Data hasil pengolahan daya air.....	135
Tabel 4.45 Data hasil pengolahan putaran spesifik.....	136
Tabel 4.46 Data hasil pengolahan efisiensi turbin.....	137
Tabel 4.47 Data hasil pengolahan	139