

**SKRIPSI**

**ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUNGAN  
60° PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO**



**DISUSUN OLEH :**

**WAHYU KHANSA ANDALIB**

**15.11.002**

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

**2019**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUNGAN  
60° PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO**

**Disusun Oleh :**

Nama : Wahyu Khansa Andalib

NIM : 15.11.002

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Fakultas : Teknologi Industri

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1

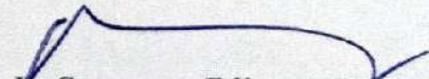


Sibul, ST, MT

NIP. Y. 1030300379

Diperiksa dan disetujui

Dosen Pembimbing

  
H. 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

BANK (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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 : Wahyu Khansa Andalib  
Nim : 15.11.002  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul : **ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN  
KELENGKUNGAN 60° 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 : 78.70 (B+)

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1

**Sibut, ST. MT**

**NIP. Y. 1030300379**

Sekretaris Jurusan Teknik Mesin S-1

**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**



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Khansa Andalib

Nim : 15.11.002

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa isi skripsi yang berjudul “**ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUGAN 60° 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.

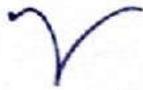
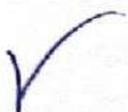
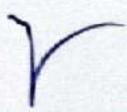
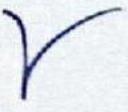
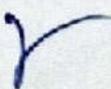
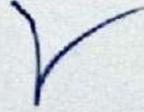
Malang, 22 Juli 2019

Yang Membuat Pernyataan

  
METERAI  
TEMPEL  
TGL. 20  
3347EAF90346440  
6000  
ENAM RIBURUPIAH  
Wahyu Khansa Andalib  
15.11.002

**LEMBAR ASISTENSI  
LOG BOOK ASISTENSI**

Nama : Wahyu Khansa Andalib  
Nim : 15.11.002  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN  
KELENGKUNGAN 60° 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"> <li>• Sempurnakan Studi Literatur</li> <li>• Sempurnakan Batasan Masalah</li> <li>• Sempurnakan Tujuan Penelitian</li> </ul>	✓
10	Senin, 22 April 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sempurnakan Studi Literatur</li> <li>• Sempurnakan Prototipe Turbin</li> <li>• Sempurnakan Pembuatan Sudu</li> </ul>	✓
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 Penjelasaannya	✓
14	Senin, 6 Mei 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sempurnakan Penjelasan Pembuatan Protipe Turbin</li> <li>• Lanjutkan Penjelasan Pengujian Turbin Air Vortex</li> </ul>	✓
15	Kamis, 9 Mei 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sempurnakan Kembali Penjelasan Pembuatan Protipe Turbin Air, Pengujian Turbin Air Dan Pengambilan Data</li> <li>• Lanjutkan Penjelasan Pengolahan Data</li> </ul>	✓
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"><li>• Dasar Teori Kecepatan Aliran Air</li><li>• Mengapa Tinggi Jatuh Air Berpengaruh Terhadap Efisiensi Turbin</li></ul>	
----	------------------------	---	---

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Wahyu Khansa Andalib  
NIM : 15.11.002  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN  
KELENGKUNGAN 60° 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 : 78.70 (B+)

Malang, 22 Juli 2019  
Dosen Pembimbing



Ir. Soeparno Djiwo.MT  
NIP.Y. 1018600128

# **ANALYSIS OF USE OF U TYPE ANGLE WITH FULL 60 ° ON TURBINE WATER VORTEX PICOHIDRO POWER**

Wahyu Khansa Andalib (15.11.002)

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

Email : wahyukhansa298@gmail.com

## **ABSTRACT**

The need for electrical energy in Indonesia is increasing. Meanwhile, the problem at this time is the limited supply of energy to produce electricity. So that other energy is needed which can be an option as an alternative energy. Water is an endless natural resource on this earth. Seeing the existence of water resources is currently not fully utilized by the surrounding community. One of the benefits of this water resource is as a picohidro power plant. This test was carried out in the fluid labotarium of the Mechanical Engineering Department of the National Institute of Technology in Malang, which uses u type blades with a curvature of 60 ° with variations in the height of falling water and narrowing of water flow. In this test the highest results obtained at the height of falling water 50 cm with a narrowing angle of 20 ° with the results of shaft rotation 27.43 rpm, turbine power of 33.40 watts, and turbine efficiency value of 18.37%.

**Keywords:** Vortex Water Turbine, Picohidro, Curvature of 60°

# **ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUNGAN 60° PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO**

Wahyu Khansa Andalib (15.11.002)

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

Email : wahyukhansa298@gmail.com

## **ABSTRAK**

Kebutuhan terhadap energy listrik di Indonesia yang semakin meningkat. Sementara itu yang dipermasalahkan saat ini adalah terbatasnya suplai energy untuk menghasilkan tenaga listrik. Sehingga diperlukannya energi lain yang bisa menjadi pilihan sebagai energy alternatif. Air adalah sebagai sumber daya alam yang tiada habisnya dibumi ini. Melihatnya keberadaan sumber daya air saat ini belum dimanfaatkan sepenuhnya oleh masyarakat sekitar. Salah satu pemanfaatnya sumber daya air ini adalah sebagai pembangkit listrik tenaga picohidro. Pengujian ini dilakukan di labotarium fluida Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang, yang menggunakan sudu tipe u dengan kelengkungan 60° dengan variasi tinggi jatuh air dan penyempitan aliran air. Pada pengujian ini didapatkan hasil tertinggi pada ketinggian jatuh air 50 cm dengan sudut penyempitan aliran 20° dengan hasil putaran poros 27.43 rpm, daya turbin sebesar 33.40 watt, dan nilai efisiensi turbin sebesar 18.37%.

**Kata Kunci** : Turbin Air Vortex, Picohidro, Kelengkungan 60°

## **KATA PENGANTAR**

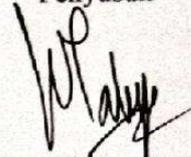
Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanallah wata'ala yang telah memberikan rahmat dan ridho-NYA kepada umat manusia, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi pada waktunya. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan persyaratan gelar strata satu pada jurusan Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang. Penyelesaian skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan, motivasi, dan doa dari berbagai pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Sehubungan dengan itu, penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT, selaku Rektor ITN Malang.
2. Ibu Dr. Ellysa Nursanti, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Sibut, ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1 ITN Malang.
4. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku dosen pembimbing skripsi yang tidak henti-hentinya memberikan arahan, dukungan, serta motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku dosen koordinator bidang ilmu konversi energi.
6. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku dosen wali yang telah memberikan nasihat dan arahan, serta didikan selama ini.
7. Kedua Orang Tua beserta keluarga, terima kasih atas doa dan dukungannya demi cepat terselesaikannya skripsi ini.
8. Rekan-rekan sekelompok dan kelompok bimbingan skripsi yang telah bekerja sama dan selalu memberikan dukungan dikala skripsi ini mengalami kendala, serta seluruh teman-teman seangkatan Teknik Mesin 2015 yang tidak didapatkan satu persatu.
9. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian proposal ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat dikembangkan lagi dikemudian hari untuk penelitian selanjutnya.

Malang, 22 Juli 2019

Penyusun



Wahyu Khansa Andalib

15.11.002

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI .....	iii
LEMBAR ASISTENSI .....	iv
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI .....	vii
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB IPENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu .....	6
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro.....	10
2.3 Turbin Vortex.....	11
2.3.1 Cara Kerja Turbin Vortex .....	12
2.3.2 Keunggulan Turbin Vortex .....	13
2.3.3 Klasifikasi Vortex .....	13
2.3.4 Saluran masuk ( <i>inlet area</i> ).....	14
2.3.5 Pengukuran debit (Q).....	14
2.3.6 Daya efektif.....	15
2.3.7 Daya Potensi .....	15
2.3.8 Efisiensi.....	16

2.4	Metode Stastik Inferensial.....	16
2.4.1	Populasi.....	16
2.4.2	Sampel.....	17
2.4.3	Kecukupan Data.....	20
2.4.4	Keseragaman Data.....	21
2.4.5	Uji T-Test (Uji T).....	22
2.4.6	Uji Regresi.....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
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 Vortex.....	28
3.2.3	Pembuatan Prototipe Turbin Air Vortex.....	29
3.2.4	Pengujian Turbin Air Vortex.....	35
3.2.5	Pengambilan Data.....	35
3.2.6	Pengolahan Data.....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1.	Data Hasil Pengujian.....	41
4.1.1	Data Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Air.....	41
4.1.2	Data Hasil pengujian Putaran Poros Turbin.....	41
4.2.	Pengolahan Data Hasil Pengujian.....	42
4.2.1	Pengolahan Data Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Air.....	42
4.2.3	Pengolahan Data Hasil Pengujian Beban.....	88
4.2.4	Pengolahan Data Torsi.....	122
4.2.5	Pengolahan Data Kecepatan Sudut.....	123
4.2.6	Pengolahan Data Daya Turbin.....	124
4.2.7	Pengolahan Data Daya Air.....	126
4.2.8	Pengolahan Data Putaran Spesifik.....	127
4.2.9	Pengolahan Data Efisiensi Turbin.....	128
4.3	Pembahasan.....	131
4.3.1	Kecepatan Aliran Air.....	131
4.3.2	Putaran Poros Turbin.....	132

4.3.3 Pembebanan .....	133
4.3.4 Torsi .....	135
4.3.5 Kecepatan Sudut .....	136
4.3.6 Daya Turbin .....	138
4.3.7 Daya Air .....	140
4.3.8 Putaran Spesifik .....	141
4.3.9 Efisiensi Turbin .....	142
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
Kesimpulan .....	144
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>145</b>
<b>LAMPIRAN I .....</b>	<b>147</b>
<b>LAMPIRAN II .....</b>	<b>148</b>
<b>LAMPIRAN III .....</b>	<b>149</b>
<b>LAMPIRAN IV .....</b>	<b>183</b>
<b>LAMPIRAN V .....</b>	<b>188</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Skema Turbin <i>Vortex</i> .....	12
<b>Gambar 2. 2</b> Klasifikasi <i>Vortex</i> berdasarkan kekuatannya.....	13
<b>Gambar 2. 3</b> Tipe lubang masuk turbin <i>vortex</i> . .....	14
<b>Gambar 2. 4</b> Nomogram Harry King.....	19
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian.....	26
<b>Gambar 3. 2</b> Instalasi Turbin Air Vortex.....	28
<b>Gambar 3. 3</b> Sudu Turbin Air Vortex Kelengkungan 60° .....	29
<b>Gambar 3. 4</b> Bejana turbin vortex .....	31
<b>Gambar 3. 5</b> Bentuk runner turbin vortex .....	33
<b>Gambar 3. 6</b> Runner Turbin (1) dan Sudu Turbin (2) .....	33
<b>Gambar 3. 7</b> Dudukan Turbin Air .....	34
<b>Gambar 4. 1</b> Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 10 cm.....	44
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 20 cm. ....	46
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 30 cm. ....	48
<b>Gambar 4. 4</b> Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 40 cm. ....	50
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 50 cm. ....	52
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan kecepatan aliran air .....	54
<b>Gambar 4. 7</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	56
<b>Gambar 4. 8</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	58
<b>Gambar 4. 9</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	60
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	62
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	64
<b>Gambar 4. 12</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	66
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	68
<b>Gambar 4. 14</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	70
<b>Gambar 4. 15</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	72
<b>Gambar 4. 16</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	74
<b>Gambar 4. 17</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40cm sudut penyempitan aliran air 40°.....	76
<b>Gambar 4. 18</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	78

<b>Gambar 4. 19</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	80
<b>Gambar 4. 20</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	82
<b>Gambar 4. 21</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	84
<b>Gambar 4. 22</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 20° .....	86
<b>Gambar 4. 23</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 40° .....	87
<b>Gambar 4. 24</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 60° .....	88
<b>Gambar 4. 25</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	90
<b>Gambar 4. 26</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	92
<b>Gambar 4. 27</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	94
<b>Gambar 4. 28</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	96
<b>Gambar 4. 29</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	98
<b>Gambar 4. 30</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	100
<b>Gambar 4. 31</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	102
<b>Gambar 4. 32</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	104
<b>Gambar 4. 33</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	106
<b>Gambar 4. 34</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	108
<b>Gambar 4. 35</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	110
<b>Gambar 4. 36</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	112
<b>Gambar 4. 37</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	114
<b>Gambar 4. 38</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	116
<b>Gambar 4. 39</b> Grafik keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	118
<b>Gambar 4. 40</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 20° .....	120

<b>Gambar 4. 41</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut $40^\circ$ .....	121
<b>Gambar 4. 42</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut $60^\circ$ .....	122
<b>Gambar 4. 43</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh dengan torsi .....	123
<b>Gambar 4. 44</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan kecepatan sudut .....	124
<b>Gambar 4. 45</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya turbin.....	125
<b>Gambar 4. 46</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya air .....	126
<b>Gambar 4. 47</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan putaran spesifik .....	128
<b>Gambar 4. 48</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh dengan efisiensi turbin .....	129

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Krijcie for Determining Sample Size.....	18
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian kecepatan aliran air.....	41
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian putaran poros turbin .....	42
Tabel 4. 3 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 10 cm .....	43
Tabel 4. 4 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 20 cm .....	45
Tabel 4. 5 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 30 cm .....	47
Tabel 4. 6 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 40 cm .....	49
Tabel 4. 7 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 50 cm .....	50
Tabel 4. 8 Data hasil pengolahan kecepatan aliran air.....	52
Tabel 4. 9 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm penyempitan aliran air 20°.....	55
Tabel 4. 10 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	57
Tabel 4. 11 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	59
Tabel 4. 12 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut pengarah aliran air 20° .....	61
Tabel 4. 13 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	63
Tabel 4. 14 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	65
Tabel 4. 15 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	67
Tabel 4. 16 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan 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 penyempitan aliran air 20° .....	73
Tabel 4. 19 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	75
Tabel 4. 20 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	77
Tabel 4. 21 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	79
Tabel 4. 22 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	81
Tabel 4. 23 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	83
Tabel 4. 24 Data hasil pengolahan putaran poros turbin.....	85

Tabel 4. 25 Data uji keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut sudu pengarah aliran air 20° .....	89
Tabel 4. 26 Data uji keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	91
Tabel 4. 27 Data uji keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	93
Tabel 4. 28 Data uji keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	95
Tabel 4. 29 Data uji keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	97
Tabel 4. 30 Data uji keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	99
Tabel 4. 31 Data uji keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut sudu pengarah aliran air 20° .....	101
Tabel 4. 32 Data uji keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	103
Tabel 4. 33 Data uji keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	105
Tabel 4. 34 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	107
Tabel 4. 35 Data uji keseragaman massa ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	109
Tabel 4. 36 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	111
Tabel 4. 37 Data uji keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	113
Tabel 4. 38 Data uji keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	115
Tabel 4. 39 Data uji keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60° .....	117
Tabel 4. 40 Data hasil pengolahan beban .....	119
Tabel 4. 41 Data hasil pengolahan torsi .....	122
Tabel 4. 42 Data hasil pengolahan kecepatan sudut .....	123
Tabel 4. 43 Data hasil pengolahan daya turbin .....	125
Tabel 4. 44 Data hasil pengolahan daya air .....	126
Tabel 4. 45 Data hasil pengolahan putaran spesifik.....	127
Tabel 4. 46 Data hasil pengolahan efisiensi turbin .....	129