

**SKRIPSI**

**ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUNGAN 30°  
PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO**



**DISUSUN OLEH :**

**EGIE HENDRA JAYA**

**15.11.014**

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

**2019**

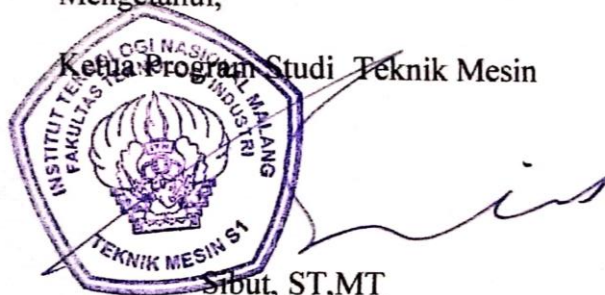
**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUNGAN 30°  
PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO**

**Disusun Oleh :**

Nama : Egie Hendra Jaya  
NIM : 1511014  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Fakultas : Teknologi Industri


Mengetahui,



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

PT. BNI (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 : Egie Hendra Jaya  
Nim : 15.11.014  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul : **ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN  
KELENGKUNGAN 30° 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 : 87.50 (A)

**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 : Egie Hendra Jaya

Nim : 1511014

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa isi skripsi yang berjudul “**ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUGAN 30° 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.

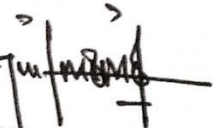
Malang, 22 Juli 2019

Yang Membuat Pernyataan

METERAI  
TEMPEL

5A168AFF903464#28









6000  
ENAM RIBU RUPIAH

  
Egie Hendra Jaya










1511014


**LEMBAR ASISTENSI  
LOG BOOK ASISTENSI**

Nama : Egie Hendra Jaya  
Nim : 15.11.014  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN  
KELENGKUNGAN 30° PADA TURBIN AIR *VORTEX*  
TENAGA  
PICOHIDRO  
Dosen Pembimbing : Ir. Soeparno Djiwo, MT

No	Hari / Tanggal	Asistensi	Paraf
1.	Sabtu, 16 Maret 2019	Penyerahan Surat Keputusan 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 Laboratorium	
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 dan Penjelasannya	
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 : Egie Hendra Jaya  
NIM : 1511014  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN  
KELENGKUNGAN 30° 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 : 87.50 (A)

Malang, 22 Juli 2019  
Dosen Pembimbing



Ir. Soeparno Djiwo.MT  
NIP.Y. 1018600128



# ANALYSIS OF USE OF TYPE U ANGLE WITH FUNCTION $30^\circ$ IN TURBINE WATER VORTEX PICOHIDRO POWER

**Egie Hendra Jaya**

Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional  
Malang

JL. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,

Jawa Timur

65153

(0341) 417636

Email : egiehendra123@gmail.com

## ABSTRACT

The need for electricity in Indonesia is increasing. Meanwhile the current problem is the limited supply of energy to produce electricity. For example, petroleum for diesel fuel and coal for steam power which has less availability. So that other energy is needed which can be an alternative energy choice. Vortex water turbine testing was carried out in the fluid laboratory of the Mechanical Engineering Department of the National Institute of Technology in Malang. Tests that will be carried out include shaft rotation testing, turbine power and turbine efficiency. The test uses the variable height of falling water 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, and 50 cm, with a narrowing angle of water flow  $20^\circ$ ,  $40^\circ$ , and  $60^\circ$ . The specifications planned for vortex water turbines are runner diameter of 20 cm, blade height of 30 cm, width of blade 10 cm for blade type used is blade type U with a curvature of  $30^\circ$ , and number of blades 4 pieces. The test results obtained were variations in water fall height and guide blade angle affecting the results of shaft rotation, power and turbine efficiency. The highest results occur at the height of 50 cm falling water with a  $20^\circ$  water flow constriction blade with turbine shaft rotation results of 33.79 rpm, turbine power of 40.3 watts and turbine efficiency of 22.26%.

**Keywords:** Vortex water turbine, Picohidro, type U

# ANALISA PENGGUNAAN SUDU TIPE U DENGAN KELENGKUGAN 30° PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO

**Egie Hendra Jaya**

Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional  
Malang  
JL. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,  
Jawa Timur  
65153  
(0341) 417636  
Email : egiehendra123@gmail.com

## ABSTRAK

Kebutuhan terhadap energi listrik di Indonesia yang semakin meningkat. Sementara itu yang permasalahan saat ini adalah terbatasnya suplai energi untuk menghasilkan tenaga listrik. Contohnya minyak bumi untuk bahan bakar diesel dan batubara untuk bahan bakar tenaga uap yang ketersediaannya makin sedikit. Sehingga diperlukan energi lain yang bisa menjadi pilihan sebagai energi alternatif. Pengujian turbin air *vortex* dilakukan di laboratorium fluida Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian putaran poros, daya turbin dan efisiensi turbin. Pengujian menggunakan variabel tinggi jatuh air 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm, dengan sudut sudu penyempitan aliran air 20°, 40°, dan 60°. Spesifikasi yang direncanakan untuk turbin air *vortex* yaitu Diameter runner 20 cm, tinggi sudu 30 cm, lebar sudu 10 cm jenis sudu yg digunakan adalah sudu tipe U dengan kelengkungan 30°, dan jumlah sudu 4 buah. Hasil pengujian yang didapat yaitu variasi tinggi jatuh air dan sudut sudu pengaruh mempengaruhi hasil putaran poros, daya dan efisiensi turbin. Hasil tertinggi terjadi pada tinggi jatuh air 50 cm dengan sudu penyempitan aliran air 20° dengan hasil putaran poros turbin sebesar 33.79 rpm, daya turbin sebesar 40.3 watt dan efisiensi turbin sebesar 22.26 %.

**Kata Kunci :** Turbin air *vortex*, Picohidro, tipe U

## KATA PENGANTAR

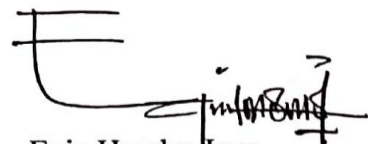
Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga tahap demi tahap dalam penyusunan skripsi ini bisa terselesaikan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk menyelesaikan studi S-1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari adanya bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penyusun ingin 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. Sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang.
4. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT. Selaku Dosen Pembimbing Penyusunan Skripsi.
5. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME. Sebagai Ketua Bidang Konversi Energi.
6. Bapak, Ibu dan Adik tercinta yang selalu memberikan dukungan baik melalui doa maupun kebutuhan finansial.
7. Rekan-rekan terdekat yang selalu memberi motivasi dan semangat.

Penyusun menyadari sebagai manusia biasa bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi pembaca.

Penyusun



Egie Hendra Jaya  
1511014

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI .....	iv
LEMBAR ASISTENSI .....	v
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI .....	viii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
1.7 Diagram Road Map .....	5
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu .....	6
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro .....	8
2.3 Turbin Vortex.....	10
2.3.1 Cara Kerja Turbin Vortex .....	11
2.3.2 Keunggulan Turbin Vortex .....	12
2.3.3 Klasifikasi Vortex .....	12
2.3.4 Saluran masuk ( <i>inlet area</i> ) .....	13

2.3.5 Pengukuran debit (Q) .....	14
2.3.6 Daya efektif .....	14
2.3.7 Daya Potensi .....	14
2.3.8 Efisiensi .....	15
2.4 Metode Stastik Inferensial .....	15
2.4.1 Populasi .....	15
2.4.2 Sampel .....	16
2.4.3 Kecukupan Data .....	20
2.4.4 Keseragaman Data .....	21
2.4.5 Uji T-Test (Uji T) .....	21
2.4.6 Uji Regresi .....	23
<b>BAB III</b>	
METODE PENELITIAN .....	25
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	25
3.2 Penjelasan Diagram Alir .....	26
3.2.1 Studi Literatur .....	26
3.2.2 Pembuatan Instalasi Turbin Air Vortex .....	27
3.2.3 Pembuatan Prototipe Turbin Air Vortex .....	28
3.2.4 Pengujian Turbin Air Vortex .....	34
3.2.5 Pengambilan Data .....	35
3.2.6 Pengolahan Data .....	36
<b>BAB IV</b>	
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	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 .....	42
4.2.1 Pengolahan Data Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Air .....	42
4.2.2 Pengolahan Data Hasil Pengujian Putaran Poros Turbin .....	55
4.2.3 Pengolahan Data Hasil Pengujian Pembebanan .....	106
4.2.4 Pengolahan Torsi .....	157

4.2.5	Pengolahan Data Kecepatan Sudut .....	159
4.2.6	Pengolahan Data Daya Turbin .....	161
4.2.7	Pengolahan Data Daya Air.....	163
4.2.8	Pengolahan Data Putaran Spesifik .....	165
4.2.9	Pengolahan Data Efisiensi Turbin.....	167
4.3	Pembahasan.....	170
4.3.1	Kecepatan Aliran Air .....	170
4.3.2	Putaran Poros Turbin.....	170
4.3.3	Pembebanan .....	172
4.3.4	Torsi .....	174
4.3.5	Kecepatan Sudut .....	175
4.3.6	Daya Turbin .....	177
4.3.7	Daya Air .....	178
4.3.8	Putaran Spesifik .....	179
4.3.9	Efisiensi Turbin.....	180
<b>BAB V</b>		
	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>182</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>183</b>
	<b>LAMPIRAN I.....</b>	<b>185</b>
	<b>LAMPIRAN II.....</b>	<b>186</b>
	<b>LAMPIRAN III.....</b>	<b>187</b>
	<b>LAMPIRAN IV.....</b>	<b>232</b>
	<b>LAMPIRAN V.....</b>	<b>237</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b> Road map diagram.....	5
<b>Gambar 2.1.</b> Skema Turbin Vortex.....	11
<b>Gambar 2.2.</b> Klasifikasi Vortex berdasarkan kekuatannya .....	12
<b>Gambar 2.3.</b> Tipe lubang masuk turbin vortex .....	13
<b>Gambar 2.4</b> Nomogram Harry King.....	18
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	25
<b>Gambar 3.2</b> Instalasi Turbin Air Vortex.....	27
<b>Gambar 3.3</b> Sudu Turbin Air Vortex Kelengkungan 30° .....	28
<b>Gambar 3.4</b> Bejana turbin vortex .....	30
<b>Gambar 3.5</b> Bentuk runner turbin vortex.....	32
<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°.....	58
<b>Gambar 4.8</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40°.....	61
<b>Gambar 4.9</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 60°.....	64
<b>Gambar 4.10</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20°.....	67

<b>Gambar 4.11</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40°	70
<b>Gambar 4.12</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60°	73
<b>Gambar 4.13</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20°	76
<b>Gambar 4.14</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 40°	79
<b>Gambar 4.15</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60°	82
<b>Gambar 4.16</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 20°	85
<b>Gambar 4.17</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 40°	88
<b>Gambar 4.18</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60°	91
<b>Gambar 4.19</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20°	94
<b>Gambar 4.20</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40°	97
<b>Gambar 4.21</b> Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60°	100
<b>Gambar 4.22</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 20°	102
<b>Gambar 4.23</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 40°	104
<b>Gambar 4.24</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 60°	105
<b>Gambar 4.25</b> Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 20°	109

<b>Gambar 4.26</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40°	112
<b>Gambar 4.27</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 60°	114
<b>Gambar 4.28</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20°	118
<b>Gambar 4.29</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40°	121
<b>Gambar 4.30</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60°	124
<b>Gambar 4.31</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20°	127
<b>Gambar 4.32</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 40°	130
<b>Gambar 4.33</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60°	133
<b>Gambar 4.34</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 20°	136
<b>Gambar 4.35</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 40°	139
<b>Gambar 4.36</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60°	142
<b>Gambar 4.37</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20°	145
<b>Gambar 4.38</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40°	148
<b>Gambar 4.39</b>	Grafik keseragaman pembebanan ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60°	151
<b>Gambar 4.40</b>	Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 20°	154

<b>Gambar 4.41</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut $40^{\circ}$ .....	155
<b>Gambar 4.42</b> Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut $60^{\circ}$ .....	156
<b>Gambar 4.43</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh dengan torsi .....	158
<b>Gambar 4.44</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan kecepatan sudut .....	160
<b>Gambar 4.45</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya turbin ....	162
<b>Gambar 4.46</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya air .....	164
<b>Gambar 4.47</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan putaran spesifik.....	166
<b>Gambar 4.48</b> Grafik hubungan antara tinggi jatuh dengan efisiensi turbin ....	168

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Krijcie for determining sample size .....	17
<b>Tabel 4.1</b> Data hasil pengujian kecepatan aliran air .....	40
<b>Tabel 4.2</b> Data hasil pengujian putaran poros turbin.....	41
<b>Tabel 4.3</b> Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 10 cm .....	43
<b>Tabel 4.4</b> Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 20 cm .....	45
<b>Tabel 4.5</b> Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 30 cm .....	47
<b>Tabel 4.6</b> Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 40 cm .....	49
<b>Tabel 4.7</b> Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 50 cm .....	51
<b>Tabel 4.8</b> Data hasil pengolahan kecepatan aliran air .....	53
<b>Tabel 4.9</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm penyempitan aliran air 20° .....	56
<b>Tabel 4.10</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40° .....	59
<b>Tabel 4.11</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut sudu pengarah aliran air 60° .....	62
<b>Tabel 4.12</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20° .....	65
<b>Tabel 4.13</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm penyempitan aliran air 40° .....	68
<b>Tabel 4.14</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut sudu pengarah aliran air 60° .....	71

<b>Tabel 4.15</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20°	74
<b>Tabel 4.16</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut sudut pengarah aliran air 40°	77
<b>Tabel 4.17</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60°	80
<b>Tabel 4.18</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudut pengarah aliran air 20°	83
<b>Tabel 4.19</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40cm sudut sudut pengarah aliran air 40°	86
<b>Tabel 4.20</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60°	89
<b>Tabel 4.21</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 20°	92
<b>Tabel 4.22</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 40°	95
<b>Tabel 4.23</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan aliran air 60°	98
<b>Tabel 4.24</b> Data hasil pengolahan putaran poros turbin	101
<b>Tabel 4.25</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 20°	107
<b>Tabel 4.26</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut penyempitan aliran air 40°	110



<b>Tabel 4.27</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 10 cm sudut sudu pengarah aliran air 60°.....	113
<b>Tabel 4.28</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 20°.....	116
<b>Tabel 4.29</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 40°.....	119
<b>Tabel 4.30</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 20 cm sudut penyempitan aliran air 60°.....	122
<b>Tabel 4.31</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 20°.....	125
<b>Tabel 4.32</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 40°.....	128
<b>Tabel 4.33</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 30 cm sudut penyempitan aliran air 60°.....	131
<b>Tabel 4.34</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 20°.....	134
<b>Tabel 4.35</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 40°.....	137
<b>Tabel 4.36</b> Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan aliran air 60°.....	140

<b>Tabel 4.37</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan	
aliran air 20°.....	143
<b>Tabel 4.38</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan	
aliran air 40°.....	146
<b>Tabel 4.39</b> Data uji keseragaman massa ketinggian 50 cm sudut penyempitan	
aliran air 60°.....	149
<b>Tabel 4.40</b> Data hasil pengolahan beban.....	152
<b>Tabel 4.41</b> Data hasil pengolahan torsi .....	157
<b>Tabel 4.42</b> Data hasil pengolahan kecepatan sudut.....	159
<b>Tabel 4.43</b> Data hasil pengolahan daya turbin .....	161
<b>Tabel 4.44</b> Data hasil pengolahan daya air.....	163
<b>Tabel 4.45</b> Data hasil pengolahan putaran spesifik.....	165
<b>Tabel 4.46</b> Data hasil pengolahan efisiensi turbin.....	167
<b>Tabel 4.47</b> Data hasil pengolahan .....	169