

# SKRIPSI

## ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SUDU NACA 9516 PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO TERHADAP TINGGI JATUH AIR DAN PENYEMPITAN ALIRAN AIR



**Di Susun Oleh:**

**Nama : Edwin Ardiyanto**

**Nim : 1511020**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
APRIL 2019**



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

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

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 : Edwin Ardiyanto  
Nim : 15.11.020  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul : **ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN NACA 9516  
PADA SUDU TURBIN AIR VORTEX TENAGA  
PICOHIDRO TERHADAP TINGGI JATUH AIR  
DAN PENYEMPITAN ALIRAN AIR**

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

Pada Hari / Tanggal : Senin / 22 Juli 2019  
Dengan Nilai : 81,25 (A)

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1

Sekretaris Jurusan Teknik Mesin S-1

**Sibut, ST. MT**  
NIP. Y. 1030300379

**Ir. Teguh Rahardjo, MT.**  
NIP. 195706011992021001

**ANGGOTA PENGUJI**

Penguji 1

**Ir. Teguh Rahardjo, MT.**  
NIP. 195706011992021001

Penguji 2

**Ir. Moehtar Asroni, MSME**  
NIP. Y. 101810036



## LEMBAR PERSETUJUAN

### SKRIPSI

#### ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SUDU NACA 9516 PADA TURBIN AIR VORTEX TENAGA PICOHIDRO TERHADAP TINGGI JATUH AIR DAN PENYEMPITAN ALIRAN AIR

#### Disusun Oleh :

Nama : Edwin Ardiyanto  
NIM : 15.11.020  
Program Studi : 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

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Edwin Ardiyanto

Nim : 15.11.020

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa isi skripsi yang berjudul “ **ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SUDU NACA 9516 PADA TURBIN AIR VORTEX TENAGA PICOHIDRO TERHADAP TINGGI JATUH AIR DAN PENYEMPITAN ALIRAN AIR** ” 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



Edwin Ardiyanto










15.11.020

**LEMBAR ASISTENSI**  
**LOG BOOK ASISTENSI**

Nama : Edwin Ardiyanto  
Nim : 15.11.020  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SUDU NACA  
9516 PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO  
TERHADAP TINGGI JATUH AIR DAN PENYEMPITAN  
ALIRAN AIR

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	Log Book Konsultasi	
7	Kamis, 11 April 2019	Log Book Konsultasi	
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></ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <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 : Edwin Ardiyanto  
NIM : 15.11.020  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SUDU NACA  
9516 PADA TURBIN AIR *VORTEX* TENAGA PICOHIDRO  
TERHADAP TINGGI JATUH AIR DAN PENYEMPITAN  
ALIRAN AIR  
Dosen Pembimbing : Ir. Soeparno Djiwo, MT

Tanggal pengajuan skripsi : Senin, 18 Maret 2019  
Tanggal penyelesaian skripsi : Senin, 5 Agustus 2019  
Telah diselesaikan dengan nilai : 81,25 (A)

Malang, 22 Juli 2019  
Dosen Pembimbing



Ir. Soeparno Djiwo.MT  
NIP.Y. 1018600128

# **ANALYSIS OF THE EFFECT OF NACA 9516 USE ON VORTEX air TURBINE ANGLE PICOHYDRO POWER ON WATER FALLS AND WATER FLOW DISPOSAL**

**Edwin Adiyanto**

Program Studi Teknik Mesin S-1, FTI Institut Teknologi Nasional Malang  
JL. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65153  
(0341) 417636  
Email : edwinardiyanto46@gmail.com

## **ABSTRAK**

The need for electricity in Indonesia is increasing. Meanwhile, the problem now 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. Water is an endless natural resource. Water resources can be used as alternative energy. Utilization of water resources river and waterfall streams are very potential as a source of electric power generation. Seeing the existence of the current water resources is not fully utilized optimally, one of the uses of water resources is as a picohidro power plant that can be utilized maximally by the community, especially remote areas that have water resources.

This test was carried out in the fluid laboratory of the Mechanical Engineering Department of the National Institute of Technology in Malang. The test uses variations in the height of falling head water (H) 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, and 50 cm. Water flow narrowing angles 20 °, 40 °, and 60 °. The test used a NACA 9516 blade, 4 pieces of knife, 10 cm blade length and 30 cm height, with variations in water fall height and water flow narrowing angle which affected the results of shaft power rotation and turbine power efficiency.

Based on the research that has been done, the highest conclusions obtained at the height of falling water 50 cm with a narrowing angle of 20 ° with the results of shaft rotation 35.38 rpm, turbine power of 42.36 watts, and turbine efficiency value of 46.64%.

**Keywords:** Vortex water turbine , Picohidro , NACA 9516.



# **ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SUDU NACA 9516 PADA TURBIN AIR VORTEX TENAGA PICOHIDRO TERHADAP TINGGI JATUH AIR DAN PENYEMPITAN ALIRAN AIR**

**Edwin Adiyanto**

Program Studi Teknik Mesin S-1, FTI Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65153  
(0341) 417636  
Email : edwinardiyanto46@gmail.com

## **ABSTRAK**

Kebutuhan terhadap energi listrik di Indonesia yang semakin meningkat. Sementara itu yang menjadi 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. Air adalah sumber daya alam yang tidak ada habisnya. Sumber daya air bisa dijadikan sebagai energi alternatif. Pemanfaatan sumber daya air aliran air sungai dan air terjun sangatlah berpotensi sebagai sumber tenaga pembangkit tenaga listrik. Melihat keberadaan sumber daya air saat ini belum sepenuhnya dimanfaatkan dengan maksimal, salah satu pemanfaatan sumber daya air adalah sebagai pembangkit listrik tenaga picohidro yang bisa dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat khususnya daerah-daerah terpencil yang memiliki sumber daya air.

Pengujian ini dilakukan di laboratorium fluida Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Pengujian menggunakan variasi tinggi jatuh air kepala (H) 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. Aliran air penyempitan sudut 20 °, 40 °, dan 60 °. Pengujian menggunakan pisau NACA 9516, jumlah pisau 4 buah, panjang pisau 10 cm dan tinggi 30 cm, dengan variasi tinggi jatuh air dan sudut penyempitan aliran air yang mempengaruhi hasil putaran daya poros dan efisiensi daya turbin.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan hasil tertinggi pada ketinggian jatuh air 50 cm dengan sudut penyempitan aliran 20° dengan hasil putaran poros 35,38 rpm, daya turbin sebesar 42,36 watt, dan nilai efisiensi turbin sebesar 46,64 %.

**Kata kunci** : Turbin air vortex, Picohidro, NACA 9516.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, 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 do'a 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. Elly 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 wali dan dosen koordinator bidang ilmu konversi energi.
6. Kedua Orang Tua beserta keluarga, terima kasih atas doa dan dukungannya demi cepat terselesaikannya skripsi ini.
7. Rekan-rekan sekelompok bimbingan skripsi yang telah bekerja sama dan selalu memberikan dukungan dikala skripsi ini mengalami kendala, serta seluruh teman-teman se'angkatan Teknik Mesin 2015 yang tidak didapatkan satu persatu.
8. 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 dikembangkan lagi dikemudian hari untuk penelitian selanjutnya.

Malang, 22 Juli 2019

Penyusun

Edwin Ardiyanto  
1511020

# DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvi
BAB I.....	1
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 .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
1.7 Diagram Road Map.....	4
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro.....	7
2.3 Turbin Vortex.....	8
2.3.1 Cara Kerja Turbin Vortex.....	9
2.3.2 Keunggulan Turbin Vortex .....	9
2.3.3 Klasifikasi Vortex .....	10
2.3.4 Saluran masuk ( <i>inlet area</i> ) .....	11
2.3.5 NACA .....	11
2.3.6 Bentuk-bentuk NACA.....	12
2.3.7 NACA Seri ‘Empat Digit’ .....	13
2.3.8 NACA 9516.....	14
2.3.9 Pengukuran debit (Q) .....	14
2.3.10 Daya efektif.....	14
2.3.11 Daya Potensi .....	15
2.3.12 Efisiensi .....	15
2.4 Metode Stastik Inferensial .....	15

2.4.1	Populasi .....	16
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) .....	22
2.4.6	Uji Regresi .....	23
BAB III .....		25
METODE PENELITIAN .....		25
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	25
	.....	25
3.2	Penjelasan Diagram Alir .....	26
BAB IV .....		38
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		38
4.1	Data Hasil Pengujian .....	38
4.1.1	Data Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Air .....	38
4.1.2	Data Hasil pengujian Putaran Poros Turbin .....	38
4.2	Pengolahan Data Hasil Pengujian .....	39
4.2.1	Pengolahan Data Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Air .....	39
4.2.2	Pengolahan Data Hasil Pengujian Putaran Poros Turbin .....	50
4.2.3	Pengolahan Data Hasil Pengujian Beban .....	84
4.2.4	Hasil Pengolahan Torsi .....	120
4.2.5	Hasil Pengolahan Data Kecepatan Sudut .....	123
4.2.6	Hasil Pengolahan Data Daya Turbin .....	125
4.2.7	Hasil Pengolahan Data Daya Air .....	127
4.2.8	Hasil Pengolahan Data Putaran Spesifik .....	128
4.2.9	Hasil Pengolahan Data Efisiensi Turbin .....	131
4.3	Pembahasan .....	135
4.3.1	Kecepatan Aliran Air .....	135
4.3.2	Putaran Poros Turbin .....	136
4.3.3	Pembebanan .....	137
4.3.4	Torsi .....	138
4.3.5	Kecepatan Sudut .....	140
4.3.6	Daya Turbin .....	141
4.3.7	Daya Air .....	142

4.3.8 Putaran Spesifik .....	143
4.3.9 Efisiensi Turbin.....	144
BAB V .....	146
PENUTUP .....	146
4.1. Kesimpulan .....	146
DAFTAR PUSTAKA .....	148
LAMPIRAN I .....	150
I. DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	150
LAMPIRAN II.....	151
SURAT BIMBINGAN SKRIPSI .....	151
LAMPIRAN III .....	152
III. TABEL HASIL PENGOLAHAN .....	152
III-1 Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran .....	152
III-2 Hasil Pengujian Putaran Poros Turbin.....	156
III-3 Hasil Pengujian Gaya Beban .....	157
III-4 Hasil Pengolahan Beban .....	158
III-5 Hasil Pengolahan Torsi.....	162
III-6 Hasil Pengolahan Kecepatan Sudut .....	165
III-7 Hasil Pengolahan Daya Turbin.....	169
III-8 Hasil Pengolahan Daya Air.....	173
III-9 Hasil Pengolahan Putaran Spesifik .....	176
III-10 Hasil Pengolahan Efisiensi turbin.....	181
III-11 Hasil Regresi Kecepatan Aliran.....	185
III-12 Hasil Regresi Putaran Poros Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 20° .....	186
III-13 Hasil Regresi Putaran Poros Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 40° .....	187
III-14 Hasil Regresi Putaran Poros Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 60° .....	188
III-15 Hasil Regresi Beban Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 20° .....	189
III-16 Hasil Regresi Beban Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 40° .....	190
III-17 Hasil Regresi Beban Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 60° .....	191
LAMPRAN IV .....	192
DATA PENGAMATAN SUDU NACA 9620 .....	192
LAMPIRAN V.....	197
DOKUMENTASI KEGIATAN .....	197
Lampiran IV – I Pembuatan Sudu Naca 9516 .....	197

Lampiran V – II Pembuatan Prototipe Turbin Vortex .....	199
Lampiran V – III Pengujian Prototipe Turbin Vortex.....	201

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Road map diagram.....	4
Gambar 2. 1 Skema Turbin Vortex.....	9
Gambar 2. 2 Klasifikasi Vortex berdasarkan kekuatannya.....	10
Gambar 2. 3 Tipe lubang masuk turbin vortex.....	11
Gambar 2. 4 Airfoil dengan bagian-bagiannya.....	12
Gambar 2. 5 Naca seri empat digit.....	13
Gambar 2. 6 Hydrofoil NACA 9516.....	14
Gambar 2. 7 Nomogram Harry King.....	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Instalasi Turbin Air Vortex.....	27
Gambar 3. 3 Sudu NACA 9516 Turbin Air Vortex.....	28
Gambar 3. 4 Bejana turbin vortex.....	29
Gambar 3. 5 Bentuk runner turbin vortex.....	30
Gambar 3. 6 Runner Turbin (1) dan Sudu Turbin (2).....	31
Gambar 3. 7 . Dudukan Turbin Air.....	32
Gambar 4. 1 Grafik keseragaman kecepatan aliran air pada ketinggian 10 cm.....	41
Gambar 4. 2 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 20 cm.....	43
Gambar 4. 3 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 30 cm.....	45
Gambar 4. 4 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 40 cm.....	47
Gambar 4. 5 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 50 cm.....	48
Gambar 4. 6 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan.....	50
Gambar 4. 7 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20°.....	52
Gambar 4. 8 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	54
Gambar 4. 9 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	56
Gambar 4. 10 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	58
Gambar 4. 11 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	60
Gambar 4. 12 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	62
Gambar 4. 13 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	64
Gambar 4. 14 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	66
Gambar 4. 15 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	68
Gambar 4. 16 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	70
Gambar 4. 17 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	72
Gambar 4. 18 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian.....	74



Gambar 4. 19 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian .....	76
Gambar 4. 20 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian .....	78
Gambar 4. 21 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian .....	80
Gambar 4. 22 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 20° .....	82
Gambar 4. 23 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 40° .....	83
Gambar 4. 24 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 60° .....	84
Gambar 4. 25 Grafik keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	87
Gambar 4. 26 Grafik keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	89
Gambar 4. 27 Grafik keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	91
Gambar 4. 28 Grafik keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	93
Gambar 4. 29 Grafik keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	95
Gambar 4. 30 Grafik keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	97
Gambar 4. 31 Grafik keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	99
Gambar 4. 32 Grafik keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	102
Gambar 4. 33 Grafik keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	104
Gambar 4. 34 Grafik keseragaman beban ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	106
Gambar 4. 35 Grafik keseragaman beban ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	108
Gambar 4. 36 Grafik keseragaman beban ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	110
Gambar 4. 37 Grafik keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	112
Gambar 4. 38 Grafik keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	114
Gambar 4. 39 Grafik keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	116
Gambar 4. 40 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 20° ..	118
Gambar 4. 41 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 40° ..	119
Gambar 4. 42 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 60° ..	120
Gambar 4. 43 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan torsi .....	121
Gambar 4. 44 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan kecepatan sudut .....	123

Gambar 4. 45 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya turbin. ....	125
Gambar 4. 46. Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya air.....	128
Gambar 4. 47. Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan putaran spesifik.....	129
Gambar 4. 48 Grafik hubungan antara tinggi jatuh dengan efisiensi turbin.....	131

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Krijcie for Determining Sample Size.....	18
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian kecepatan aliran air.....	38
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian putaran poros turbin. ....	39
Tabel 4. 3 Data hasil uji keseragaman kecepatan aliran air pada ketinggian 10 cm. ....	40
Tabel 4. 4 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 20 cm. ....	42
Tabel 4. 5 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 30 cm. ....	44
Tabel 4. 6 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 40 cm. ....	45
Tabel 4. 7 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 50 cm. ....	47
Tabel 4. 8 Data hasil pengolahan kecepatan aliran air.....	49
Tabel 4. 9 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	51
Tabel 4. 10 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	53
Tabel 4. 11 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	55
Tabel 4. 12 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	57
Tabel 4. 13 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	59
Tabel 4. 14 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	61
Tabel 4. 15 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	63
Tabel 4. 16 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	65
Tabel 4. 17 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	67
Tabel 4. 18 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	69
Tabel 4. 19 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	71
Tabel 4. 20 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	73
Tabel 4. 21 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° .....	75
Tabel 4. 22 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .....	77
Tabel 4. 23 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .....	79

Tabel 4. 24 Data hasil pengolahan putaran poros turbin.....	81
Tabel 4. 25 Data uji keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° ...	85
Tabel 4. 26 Data uji keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .	88
Tabel 4. 27 Data uji keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° ...	90
Tabel 4. 28 Data uji keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° ...	92
Tabel 4. 29 Data uji keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .	94
Tabel 4. 30 Data uji keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° ...	96
Tabel 4. 31 Data uji keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20° ...	98
Tabel 4. 32 Data uji keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .	100
Tabel 4. 33 Data uji keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .	103
Tabel 4. 34 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20°.....	105
Tabel 4. 35 Data uji keseragaman beban ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .	107
Tabel 4. 36 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60°.....	109
Tabel 4. 37 Data uji keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20°	111
Tabel 4. 38 Data uji keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40° .	113
Tabel 4. 39 Data uji keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60° .	115
Tabel 4. 40 Data hasil pengolahan beban.....	117
Tabel 4. 41 Data hasil pengolahan Torsi.....	121
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 .....	127
Tabel 4. 45 Data hasil pengolahan putaran spesifik.....	129
Tabel 4. 46 Data hasil pengolahan efisiensi turbin. ....	131
Tabel 4. 47 Data hasil pengolahan data .....	134