

**SKRIPSI**

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN NACA 9410 PADA  
SUDU TURBIN AIR VORTEX TENAGA PICOHIDRO  
TERHADAP TINGGI JATUH AIR DAN PENYEMPITAN  
ALIRAN AIR**



**DISUSUN OLEH :  
MUHAMMAD JAFAR  
1511018**

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

**2019**



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Muhammad Jafar  
Nim : 15.11.018  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul : **ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN NACA 9410  
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 : 82,00 (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. Mochtar Asroni, MSME  
NIP. Y. 101810036

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN NACA 9410 PADA SUDU TURBIN  
AIR VORTEX TENAGA PICOHIDRO TERHADAP TINGGI JATUH AIR  
DAN PENYEMPITAN ALIRAN AIR**

**Disusun Oleh :**

Nama : Muhammad Jafar  
NIM : 1511018  
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

Ir. Soeparno Djiwo.MT

NIP.Y. 1018600128

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Jafar

Nim : 1511018

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa isi skripsi yang berjudul **“ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN NACA 9410 PADA SUDU 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












Muhammad Jafar


15.11.018

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

Nama : Muhammad Jafar  
Nim : 15.11.018  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN NACA  
9410 PADA SUDU 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 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 : Muhammad Jafar  
NIM : 1511018  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN NACA 9410  
PADA SUDU 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 : 82,00 (A)

Malang, 22 Juli 2019  
Dosen Pembimbing



Ir. Soeparno Djiwo.MT  
NIP.Y. 1018600128



**ANALYSIS OF THE EFFECT OF NACA 9410 USE ON VORTEX AIR  
TURBINE ANGLE PICOHIDRO POWER ON WATER FALLS AND  
WATER FLOW DISPOSAL**

**Muhammad Jafar**

Jurusan 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: [muhammadjafar0797@gmail.com](mailto:muhammadjafar0797@gmail.com)

**ABSTRACT**

Energy electricity is energy the required primary for equipment electricity / energy stored in current electricity with unit amperage (A) and voltage electricity with unit volt (V) with provisions needs consumption power electricity with units of Watt (W) for move motorbike , lights lighting , heating , cooling or move back something equipment mechanic for produce form other energy . Generator Electricity Power Piko Hydro is something plant could produce energy electricity less from 5 kW and could classified as generator electricity scale small. On research that will held this type water turbine that will digunkana n Generator electricity power micro hydro (PLTPH) is type turbine reaction that is Vortex water turbine . P there is a Vortex water turbine , Testing done in the laboratory fluid Department Technique Machine Institute Technology National Malang, use blade NACA 9410. Testing menggu nakan v Variations high falling water head (H) 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm and 50 cm. and corner constriction water flow 20 ° , 40 ° , and 60 ° . Pengu also uses NACA 9410 blade, number of blades 4 pieces, blade length 10 cm, and blade height 30 cm . Results testing obtained that is variation high falling water (head) and corner blade director influence results round shaft , power and efficiency turbine . On testing this obtained results highest on height falling water 50 cm with corner constriction 20 ° flow with results round shaft 3 2.71 rpm, power turbine at 40, 01 watts, and value efficiency turbine amounting to 22. 01 %.

Keywords: Vortex water turbine , Picohidro , NACA 9410 .

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN NACA 9410 PADA SUDU TURBIN  
AIR VORTEX TENAGA PICOHIDRO TERHADAP TINGGI JATUH AIR  
DAN PENYEMPITAN ALIRAN AIR**

**Muhammad Jafar**

Jurusan 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: [muhammadjafar0797@gmail.com](mailto:muhammadjafar0797@gmail.com)

**ABSTRAK**

Energi listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan amper (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro adalah suatu pembangkit yang dapat menghasilkan energi listrik kurang dari 5 kW dan dapat diklasifikasikan sebagai pembangkit listrik berskala kecil. Pada penelitian yang akan dilaksanakan ini jenis turbin air yang akan digunakan Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTPH) adalah jenis turbin reaksi yaitu Turbin air *Vortex*. Pada pembuatan turbin air Vortex, Pengujian dilakukan di laboratorium fluida Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang, menggunakan sudu NACA 9410. Pengujian menggunakan variasi tinggi jatuh air head (H) 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. dan sudut penyempitan aliran air 20°, 40°, dan 60°. Pengujian menggunakan sudu NACA 9410, jumlah sudu 4 buah, panjang sudu 10 cm, dan tinggi sudu 30 cm. Hasil pengujian yang didapat yaitu variasi tinggi jatuh air (head) dan sudut sudu pengaruh mempengaruhi hasil putaran poros, daya dan efisiensi turbin. Pada pengujian ini didapatkan hasil tertinggi pada ketinggian jatuh air 50 cm dengan sudut penyempitan aliran 20° dengan hasil putaran poros 32,71 rpm, daya turbin sebesar 40,01 watt, dan nilai efisiensi turbin sebesar 22.01 %.

**Kata kunci** : Turbin air vortex, Picohidro, NACA 9410.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobil aalamin, 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 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 megalami kendala, serta seluruh teman-teman seangkatan 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

Muhammad Jafar  
1511018

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI .....	ii
LEMBAR ASISTENSI .....	iii
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI .....	vi
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xx
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
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 .....	4
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro .....	8
2.3 Turbin Vortex .....	9
2.3.1 Cara Kerja Turbin Vortex .....	10
2.3.2 Keunggulan Turbin Vortex .....	11
2.3.3 Klasifikasi Vortex .....	11
2.3.4 Saluran masuk ( <i>inlet area</i> ) .....	12
2.3.5 NACA .....	13
2.3.6 Bentuk-bentuk NACA .....	13
2.3.7 NACA Seri „Empat Digit“ .....	14
2.3.8 NACA 9410 .....	15

2.3.9 Pengukuran debit (Q) .....	16
2.3.10 Daya efektif .....	16
2.3.11 Daya Potensi .....	16
2.3.12 Efisiensi .....	17
2.4 Metode Stastik Inferensial.....	17
2.5 Populasi .....	18
2.6 Sampel .....	18
2.7 Kecukupan Data .....	21
2.8 Keseragaman Data .....	22
2.9 Uji T-Test (Uji T) .....	23
2.10 Uji Regresi .....	24
BAB III .....	26
METODE PENELITIAN .....	26
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	26
3.2 Penjelasan Diagram Alir .....	27
BAB IV .....	39
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	39
4.1 Data Hasil Pengujian .....	39
4.1.1 Data Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Air .....	39
4.1.2 Data Hasil pengujian Putaran Poros Turbin .....	39
4.2. Pengolahan Data Hasil Pengujian .....	40
4.2.1 Pengolahan Data Hasil Pengujian Kecepatan Aliran Air .....	40
4.2.2 Pengolahan Data Hasil Pengujian Putaran Poros Turbin .....	52
4.2.3 Pengolahan Data Hasil Pengujian Beban .....	86
4.2.4 Pengolahan Torsi .....	121
4.2.5 Pengolahan Data Kecepatan Sudut .....	123
4.2.6 Pengolahan Data Daya Turbin .....	126
4.2.7 Pengolahan Data Daya Air .....	128
4.2.8 Pengolahan Data Putaran Spesifik .....	130
4.2.9 Pengolahan Data Efisiensi Turbin .....	133
4.3. Pembahasan .....	137
4.3.1 Kecepatan Aliran Air .....	137

4.3.2 Putaran Poros Turbin .....	138
4.3.3 Pembebanan .....	139
4.3.4 Torsi.....	140
4.3.5 Kecepatan Sudut .....	142
4.3.6 Daya Turbin .....	143
4.3.7 Daya Air .....	145
4.3.8 Putaran Spesifik .....	145
4.3.9 Efisiensi Turbin .....	146
BAB V .....	149
KESIMPULAN .....	149
DAFTAR PUSTAKA .....	150
LAMPIRAN I .....	151
I. DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	151
LAMPIRAN II .....	152
II. SURAT BIMBINGAN SKRIPSI .....	152
LAMPIRAN III .....	153
III. TABEL HASIL PENGOLAHAN .....	153
III-1 Pengolahan Kecepatan Aliran .....	153
III-2 Pengujian Putaran Poros Turbin .....	156
III-3 Pengujian Beban .....	157
III-4 Pengolahan Gaya Beban (w).....	158
III-5 Pengolahan Torsi .....	161
III-6 Pengolahan Kecepatan Sudut .....	163
III-7 Pengolahan Daya Turbin .....	167
III-8 Pengolahan Daya Air .....	170
III-9 Pengolahan Putaran Spesifik .....	172
III-10 Pengolahan Efisiensi turbin .....	176
III-11 Regresi Kecepatan Aliran .....	179
III-12 Regresi Putaran Poros Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 20o .....	180
III-13 Regresi Putaran Poros Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 40o .....	181
III-14 Regresi Putaran Poros Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 60o .....	182
III-15 Regresi Beban Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 20o .....	183

III-16 Regresi Beban Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 40o .....	184
III-17 Regresi Beban Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 60o .....	185
LAMPRAN IV .....	187
DATA PENGAMATAN SUDU NACA 9620 .....	187
LAMPIRAN V .....	192
DOKUMENTASI KEGIATAN .....	192
Lampiran V – I Pembuatan Sudu Naca 9410 .....	192
Lampiran V – II Pembuatan Prototipe Turbin Vortex .....	193
Lampiran V – III Pengujian Prototipe Turbin Vortex .....	195



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Road map diagram .....	4
Gambar 2.1 Skema Turbin <i>Vortex</i> .....	10
Gambar 2.2 Klasifikasi <i>Vortex</i> berdasarkan kekuatannya. ....	12
Gambar 2.3 Tipe lubang masuk turbin <i>vortex</i> . ....	13
Gambar 2.4 Airfoil dengan bagian-bagiannya. ....	14
Gambar 2.5 Naca seri empat digit .....	15
Gambar 2.6 Hydrofoil NACA 9410 .....	16
Gambar 2.7 Nomogram Harry King .....	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3. 2 Instalasi Turbin Air Vortex .....	28
Gambar 3. 3 Sudu NACA 9410 Turbin Air Vortex .....	29
Gambar 3. 4 Bejana turbin vortex .....	30
Gambar 3. 5 Bentuk runner turbin vortex .....	31
Gambar 3. 6 Runner Turbin (1) dan Sudu Turbin (2) .....	32
Gambar 3. 7 Dudukan Turbin Air .....	33
Gambar 4. 1 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 10 cm.....	42
Gambar 4. 2 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 20 cm. ....	44
Gambar 4. 3 Grafik keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 30 cm. ....	46
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 .....	51
Gambar 4. 7 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudu penyempitan aliran air 20° .....	54
Gambar 4. 8 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudu penyempitan aliran air 40° .....	56
Gambar 4. 9 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudu penyempitan aliran air 60° .....	58
Gambar 4. 10 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudu penyempitan aliran air 20° .....	60
Gambar 4. 11 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudu penyempitan aliran air 40° .....	62

Gambar 4. 12 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudu penyempitan aliran air 60° .....	64
Gambar 4. 13 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudu penyempitan aliran air 20° .....	66
Gambar 4. 14 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudu penyempitan aliran air 40° .....	68
Gambar 4. 15 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudu penyempitan aliran air 60° .....	70
Gambar 4. 16 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudu penyempitan aliran air 20° .....	72
Gambar 4. 17 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudu penyempitan aliran air 40° .....	74
Gambar 4. 18 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudu penyempitan aliran air 60° .....	76
Gambar 4. 19 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudu penyempitan aliran air 20° .....	78
Gambar 4. 20 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudu penyempitan aliran air 40° .....	80
Gambar 4. 21 Grafik keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudu penyempitan aliran air 60° .....	82
Gambar 4. 22 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 20o .....	84
Gambar 4. 23 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 40o .....	85
Gambar 4. 24 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 60o .....	86
Gambar 4. 25 Grafik keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o .....	88
Gambar 4. 26 Grafik keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o .....	90

penyempitan aliran air 60o .....	92
Gambar 4. 28 Grafik keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 20o .....	94
Gambar 4. 29 Grafik keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 40o .....	96
Gambar 4. 30 Grafik keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 60o .....	98
Gambar 4. 31 Grafik keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 20o .....	100
Gambar 4. 32 Grafik keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 40o .....	102
Gambar 4. 33 Grafik keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 60o .....	104
Gambar 4. 34 Grafik keseragaman beban ketinggian 40 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 20o .....	106
Gambar 4. 35 Grafik keseragaman beban ketinggian 40 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 40o .....	108
Gambar 4. 36 Grafik keseragaman beban ketinggian 40 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 60o .....	110
Gambar 4. 37 Grafik keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 20o .....	112
Gambar 4. 38 Grafik keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 40o .....	114
Gambar 4. 39 Grafik keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu	
penyempitan aliran air 60o .....	116
Gambar 4. 40 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 20o .....	118
Gambar 4. 41 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 40o .....	119
Gambar 4. 42 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan beban sudut 60o .....	120
Gambar 4. 43 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan torsi sudu Naca 9410	

.....	122
Gambar 4. 44 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan kecepatan sudut.	124
Gambar 4. 45 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya turbin pada sudu Naca 9410. ....	127
Gambar 4. 46 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan daya air. ....	129
Gambar 4. 47 Grafik hubungan antara tinggi jatuh air dengan putaran spesifik pada sudu Naca 9410. ....	131
Gambar 4. 48 Grafik hubungan antara tinggi jatuh dengan efisiensi turbin pada penggunaan sudu Naca 9410 .....	134

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Krijcie for Determining Sample Size .....	19
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian kecepatan aliran air.....	39
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian putaran poros turbin. ....	40
Tabel 4. 3 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 10 cm. ....	41
Tabel 4. 4 Data uji keseragaman kecepatan aliran air ketinggian 20 cm. ....	43
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 .....	50
Tabel 4. 9 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan 20°. ....	53
Tabel 4. 10 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan 40°. ....	55
Tabel 4. 11 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut penyempitan 60°. ....	57
Tabel 4. 12 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan 20°. ....	59
Tabel 4. 13 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan 40°. ....	61
Tabel 4. 14 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut penyempitan 60°. ....	63
Tabel 4. 15 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan 20°. ....	65
Tabel 4. 16 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan 40°. ....	67
Tabel 4. 17 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut penyempitan 60°. ....	69
Tabel 4. 18 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan 20°. ....	71
Tabel 4. 19 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan 40°. ....	73

Tabel 4. 20 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut penyempitan 60° .....	75
Tabel 4. 21 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan 20° .....	77
Tabel 4. 22 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan 40° .....	79
Tabel 4. 23 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut penyempitan 60° .....	81
Tabel 4. 24 Data hasil pengolahan putaran poros turbin .....	83
Tabel 4. 25 Data uji keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o .....	87
Tabel 4. 26 Data uji keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o .....	89
Tabel 4. 27 Data uji keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o .....	91
Tabel 4. 28 Data uji keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o .....	93
Tabel 4. 29 Data uji keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o .....	95
Tabel 4. 30 Data uji keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o .....	97
Tabel 4. 31 Data uji keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o .....	99
Tabel 4. 32 Data uji keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o .....	101
Tabel 4. 33 Data uji keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o .....	103
Tabel 4. 34 Data uji keseragaman beban ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o .....	105
Tabel 4. 35 Data uji keseragaman beban ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o .....	107

Tabel 4. 36 Data uji keseragaman beban turbin ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o .....	109
Tabel 4. 37 Data uji keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o .....	111
Tabel 4. 38 Data uji keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o .....	113
Tabel 4. 39 Data uji keseragaman beban ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o .....	115
Tabel 4. 40 Data hasil pengolahan beban.....	117
Tabel 4. 41 Data hasil pengolahan Torsi .....	121
Tabel 4. 42 Data hasil pengolahan kecepatan sudu. ....	124
Tabel 4. 43 Data hasil pengolahan daya turbin .....	126
Tabel 4. 44 Data hasil pengolahan daya air .....	129
Tabel 4. 45 Data hasil pengolahan putaran spesifik .....	130
Tabel 4. 46 Data hasil pengolahan efisiensi turbin. ....	133
Tabel 4. 47 Data hasil pengolahan .....	136