

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. Mochtar 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">• Sempurnakan Studi Literatur• Sempurnakan Batasan Masalah	

		<ul style="list-style-type: none"> • Sempurnakan Tujuan Penelitian 	
10	Senin, 22 April 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Sempurnakan Studi Literatur • Sempurnakan Prototipe Turbin • Sempurnakan Pembuatan Sudu 	
11	Kamis, 25 April 2019	Tanda Tangan Pengesahan Laporan	
12	Senin, 29 April 2019	Sempurnakan Desain Sudu Sesuai Dasar Yang Sudah Ditentukan	
13	Kamis, 2 Mei 2019	Menyempurnakan Diagram Alir Dan Penjelasannya	
14	Senin, 6 Mei 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Sempurnakan Penjelasan Pembuatan Protipe Turbin • Lanjutkan Penjelasan Pengujian Turbin Air Vortex 	
15	Kamis, 9 Mei 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Sempurnakan Kembali Penjelasan Pembuatan Protipe Turbin Air, Pengujian Turbin Air Dan Pengambilan Data • Lanjutkan Penjelasan Pengolahan Data 	
16	Senin, 13 Mei 2019	Sempurnakan Narasi Pengambilan Data Dan Pengolahan Data	
17	Senin, 20 Mei 2019	Konsultasi Pengambilan Data Pengujian	
18	Senin, 15 Juli 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Dasar Teori Kecepatan Aliran Air • Mengapa Tinggi Jatuh Air Berpengaruh Terhadap Efisiensi Turbin 	

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : 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 megalami 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
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 20o	186
III-13 Hasil Regresi Putaran Poros Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 40o	187
III-14 Hasil Regresi Putaran Poros Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 60o	188
III-15 Hasil Regresi Beban Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 20o	189
III-16 Hasil Regresi Beban Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 40o	190
III-17 Hasil Regresi Beban Sudut Sudu Penyempitan Aliran Air 60o	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 20o.....	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 20o	82
Gambar 4. 23 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 40o	83
Gambar 4. 24 Grafik hubungan regresi linier antara tinggi jatuh dengan putaran poros turbin sudut 60o	84
Gambar 4. 25 Grafik keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o.....	87
Gambar 4. 26 Grafik keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o.....	89
Gambar 4. 27 Grafik keseragaman beban ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o.....	91
Gambar 4. 28 Grafik keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o.....	93
Gambar 4. 29 Grafik keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o.....	95
Gambar 4. 30 Grafik keseragaman beban ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o.....	97
Gambar 4. 31 Grafik keseragaman beban ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o.....	99
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	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 20o	51
Tabel 4. 10 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o	53
Tabel 4. 11 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 10 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o	55
Tabel 4. 12 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o	57
Tabel 4. 13 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o	59
Tabel 4. 14 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 20 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o	61
Tabel 4. 15 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o	63
Tabel 4. 16 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o	65
Tabel 4. 17 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 30 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o	67
Tabel 4. 18 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o	69
Tabel 4. 19 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o	71

Tabel 4. 20 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 40 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o	73
Tabel 4. 21 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 20o	75
Tabel 4. 22 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 40o	77
Tabel 4. 23 Data uji keseragaman putaran poros turbin ketinggian 50 cm sudut sudu penyempitan aliran air 60o	79